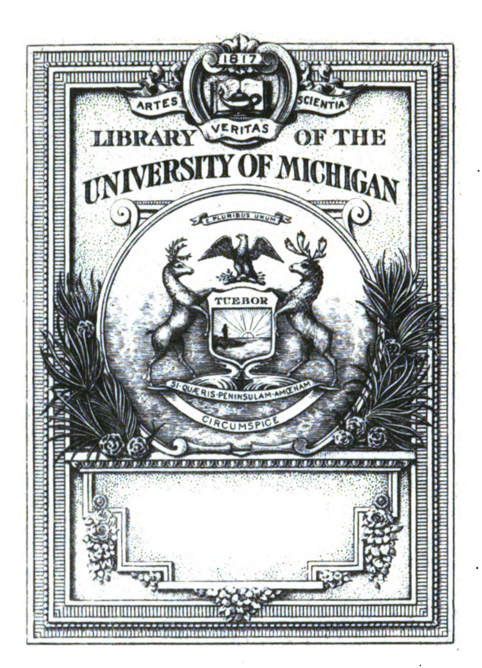
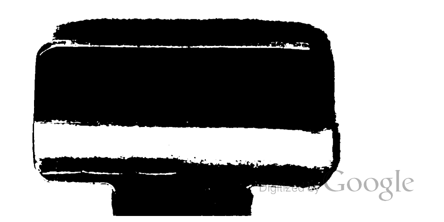

1817
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI·QUÆRIS·PENINSULAM·AMŒNAM
CIRCUMSPICE



Höhnel. Vorträge

Ueber

pflanzliche Faserstoffe.

Ein Vortrag

gehalten

im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 12. März 1884

von

Dr. Franz Ritter von Höhnel,

Honorardocent.

Wien, 1884.

Selbstverlag des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Im Laufe der Civilisation hat sich der Mensch eine Menge von Bedürfnissen geschaffen, zu deren Befriedigung Kunst und Natur ihre reichen Gaben von allen Seiten liefern müssen. Der speculative Spürsinn des Menschen hat alle Winkel der Erdoberfläche durchstöbert, ist in die Eingeweide der Erde, in das geheimnissvolle Dickicht der tropischen Urwälder, sowie in die einsamsten Meeresgebiete eingedrungen, überall nach brauchbaren Schätzen suchend. Von der fast mikroskopisch kleinen Wachsschildlaus der Chinesen bis zum Pottwal der grossen Meere, von dem mikroskopischen Lebewesen der Hefe bis zu den tausendjährigen Riesenstämmen der Mammuthbäume Californiens, von den seltenen Diamanten bis zu dem alltäglichsten Gestein müssen alle Kräfte und Producte der Erdoberfläche Tribut zollen der nimmer rastenden Energie, den stets sich verjüngenden Ansprüchen der Menschen. Und immer weiter sucht der Unermüdliche die Grenzen seiner Herrschaft hinauszuschieben, schon genügen ihm nicht die Kräfte der alternden Erde, schon gedenkt er in banger und früher Sorge für seine Nachkommen die warm strahlende Gabe der Sonne aufzuspeichern und zu sammeln, und so in eine neue Quelle

von Betriebskraft zu verwandeln. Kaum ahnen können die jetzigen Generationen die Höhe der Culturstufe, zu welcher die späteren hinaufsteigen werden, und wenn uns nicht die einfachsten physikalischen Gesetze der Abkühlung, wenn ferner nicht die organische Entwicklung des einzelnen Individuums, sowie ganzer Völkerstämme mit ihrem erst langsam auf- und dann rapid abwärtssteigenden Gange uns die bittere Nothwendigkeit eines innerhalb gemessener Zeiträume stattfindenden Unterganges der gesammten organischen Welt mit wuchtiger Gewissheit voraussehen lassen und also den endlichen traurigen Weg alles irdischen Lebens vorzeichnen würden, so könnten wir wohl wähnen, einst thatsächlich die Herren der ganzen Schöpfung zu werden und uns das Reich der Lüfte und des Lichtes ebenso direct tributpflichtig zu machen wie die feste Erdscholle und das weite Meer.

Sehen wir ab von den zahllosen Bedürfnissen, welche die vorgeschrittene Civilisation dem Einzelnen aufbürdete, fassen wir nur jene natürlichen ins Auge, welche der gesammten Menschheit, vom wilden Papua bis zum vorgeschrittensten Europäer eigen sind, so zeigt sich, dass dieselben eigentlich dreifacher Art sind: Wohnung, Kleidung und Nahrung, Alles stets in genügendem Maasse, das war das Paradies der ersten Menschheit, das ist noch jetzt für einen grossen Theil der Menschheit das Um und Auf der irdischen Wünsche.

Es ist eine sehr natürliche Thatsache, dass jedes dieser drei Bedürfnisse durch bestimmte Gruppen von

Stoffen, welche sich bis zu einem gewissen Grade durch äussere Merkmale charakterisiren liessen, befriedigt werden. Am besten und leichtesten ist jene Stoffgruppe allgemein zu kennzeichnen, welche das Bedürfniss der Kleidung befriedigt. Es sind dies die Fasern. Ursprünglich wurden diese in Form von rohen Geweben, oder verfilzten Schichten, oder gewundenen Fäden kaum zu etwas Anderem als zu Kleidungszwecken verwendet, zunächst in Form von Thierfellen oder von getrockneten und geklopften Bastschichten verschiedener Bäume. So liefert der Hemdenbaum in Südamerika, der Brodfruchtbaum in Australasien, der Papiermaulbeerbaum ebenda, sowie eine ganze Reihe von Gewächsen aus den Familien der Wolfsmilchgewächse, Nesselgewächse, Malvengewächse u. A. mächtige, aus verfilzten Bastfasern bestehende, gewebeähnliche Schichten, welche durch einfaches Schälen, Trocknen und Klopfen der Rinde erhalten werden können.

Die Pflanzen- und Thierfasern zeigen jedoch eine so grosse Verwendbarkeit nach den verschiedensten Richtungen hin, dass die Mannigfaltigkeit und Grösse ihres Verbrauches allmälig stieg, bis zur Gegenwart, wo eine unabsehbare Fülle von Anwendungen derselben existirt.

Es hat daher auch der Begriff der Faser allmälig eine Verschiebung erlitten, so dass der Technologe jetzt manchen Rohstoff oder manches Fabrikat zu derselben im weiteren Sinne des Wortes rechnet, was der Laie nicht als Faser bezeichnen würde. Während ursprünglich nur die Textil- oder Gespinnstfasern als „Fasern“

galten, zählt man jetzt zu ihnen noch die Papierfasern, Bürsten- und Besenmaterialien, Stopfmaterialien, einen Theil der Flecht- und Sparterierohstoffe, sowie die Baste. Sieht man von den thierischen Fasern ab, so gehören zu den Textilfasern Baumwolle, Flachs, Hanf, Jute, Pflanzenseide, Pflanzendune, zum Theil Chinagras (= Ramié), Nesselfaser, Aloëfaser, Sanseveriafaser u. s. w. Die Papierfasern sind sämmtlich pflanzlich, und zwar: Leinen, Hanf, Jute, Baumwolle, Esparto, Strohfaser, Holzstoff, Holzcellulose, Bambusfaser, Papiermaulbeerbaumbast u. A.

Bürstenmaterialien sind an Pflanzenfasern Pitefaser, Coïr, Kitool oder Siam, Piassave, sogenannte Reisswurzel und Reissstroh, Esparto u. A. Zur Seilfabrication dienen Hanf, Jute, Piassave, Neuseeländischer Flachs, Manila-, Aloë-, Sisalhanf, Kitool u. A. Stopfmaterialien sind Pflanzendunen (Kapok), Crin végétale, Crin d'Afrique, Seegras, Holzwolle u. A. Technisch verwendete Baste sind z. B. Ulmenbast, Lindenbast (= Weidenbast), Cubabast u. s. w.

Wie schon diese Mannigfaltigkeit der Bezeichnungen und Verwendungen vermuthen lässt, stellen die Pflanzenfasern anatomisch sehr verschiedene Dinge dar. Während die Baumwolle und Pflanzenseide einzellige Haare sind, die Samen aufsitzen, bekleiden die Pflanzendunen zum Theil die Samen, zum Theil die Innenseite der Fruchtkapseln verschiedener Bombaceen. Die schön braune und glänzende Pulufaser, ein Stopfmaterial, bekleidet die Stämme verschiedener baumähnlicher Farn-

kräuter (*Cibotium Schiedei* u. A.) Oceaniens. Jede einzelne Pulufaser besteht aus einer einfachen Reihe von Zellen und bilden ein Haar. Fruchthaare, die aus mehreren Reihen und Schichten von Zellen gebildet werden, sind z. B. die Rohrkolbenfaser *(Typha)* und die Wolle des Wollgrases *(Eriophorum)*. Das Chinagras, ferner Hanf, Flachs und Jute bestehen fast nur aus Bastfasern. Manilahanf, Pitefaser, Aloë-, Sanseveriahanf sind theils Faserbündel aus den Blättern oder den Blattstielen und dem Stamme (Manila) verschiedener Pflanzen, oder aber ganze Gefässbündel, die neben den Bastfasern noch viele andere anatomische Elemente, namentlich Gefässe enthalten. Die Coïr- oder Cocosfaser besteht aus den Gefässbündeln der äusseren faserigen Schale der Cocosnuss. Das amerikanische Crin végétale von *Tillandsia usneoides* besteht aus ganzen Gruppen von Gefässbündeln, ähnlich verhalten sich auch die Piassave- und die Kitoolfaser. Erstere stammt von der südamerikanischen *Attalea funifera*, letztere von der ostindischen *Caryota urens*, beides Palmen. Das vielverwendete Crin d'Afrique besteht aus den zerschlitzten Blättern von der Zwergpalme Nordafrikas und Südeuropas. Der sogenannte Holzstoff (Holzzeug) der Papierfabrikanten besteht aus dem durch Schleifen in seine Fasern zerlegten Holze verschiedener Bäume, so der Aspe, Tanne, Fichte, Weide. Die sogenannte Holzcellulose wird erhalten durch Isolirung der Holzfasern auf chemischem Wege, z. B. durch Kochen mit verdünnter Natronlauge bei erhöhtem Drucke. Ebenso werden die Strohfasern (aus Roggen-, Maislieschen-,

Gersten-, Reissstroh), ferner die Esparto- und Bambusfasern zum Zwecke der Papierfabrikation durch chemische und nachfolgende mechanische Bearbeitung des Rohproductes erhalten. Das Espartostroh, das auch zur Einlage in Cigarren (Virginia), zu Bürsten- und Flechtarbeiten, zu Seilen und groben Geweben Verwendung findet, besteht aus den stilrunden Blättern des besonders in Nordafrika heimischen Grases *Stipa tenacissima*. Die Bambusfaser wird aus dem allbekannten Bambusrohre gewonnen, besonders in China und in Westindien.

Es gibt endlich Fasern, die aus ganzen Pflanzen bestehen; so das echte Seegras, welches nichts Anderes darstellt als eine monokotyle, an den sandigen Küsten Europas häufig vorkommende Pflanze *(Zostera marina)*, die vom Meere ausgeworfen wird, am Strande vertrocknet und dann gesammelt wird. Vom echten Seegrase ist das unechte sogenannte Seegras wohl zu unterscheiden. Dieses besteht aus den verblühten Halmen einer Segge *(Carex brizoides)*, die in manchen Gegenden in Wäldern weite Flächen bedeckt, und z. B. in Oberösterreich und am Rhein gesammelt, getrocknet und in Form von spiralig gedrehten Strängen in den Handel gebracht wird.

Es kann selbstverständlich nicht meine Aufgabe sein, in Folgendem die Eigenschaften und Besonderheiten aller erwähnten Fasern erschöpfend zu behandeln. Schon die grosse Mannigfaltigkeit derselben schliesst dies aus. Ich werde mich darauf beschränken müssen, die eigentlichen Textilfasern des Nähern ins Auge zu fassen, sowie

die wichtigsten allgemeinen Eigenschaften dieser zu besprechen.

Die Pflanzenfasern bestehen sämmtlich aus einer Grundsubstanz, Cellulose genannt, welche entweder in Verbindung mit Holzstoff oder mit Korkstoff in ihnen auftritt. Der Holzstoff ist kein einfacher chemischer Körper, sondern ein Gemenge von mehreren Substanzen, namentlich Coniferin und Vanillin. Das Vanillin ist jener Körper, welcher der Vanille den angenehmen Geruch ertheilt, und wenn nicht jedes Stück Holz intensiv nach Vanille riecht, so liegt der Grund hievon darin, weil das Vanillin mit der Cellulose in eigenthümlicher Weise verbunden ist. Durch Behandlung mit alkalischen Flüssigkeiten lässt sich aber an jedem Stücke Holz ein deutlicher Vanillegeruch hervorrufen. Man kann sich durch einfache Reactionen davon überzeugen, ob in einer Faser Holzstoff enthalten ist oder nicht. Betupft man die Faser mit einer Lösung von Phoroglucin oder von Indol und dann mit Salzsäure, so tritt bei Gegenwart von Holzstoff eine Rothfärbung ein. Betupft man die Faser mit einer salzsauren Auflösung von Carbolsäure, so tritt Grünfärbung, ferner mit einer schwefelsauren Auflösung von Anilinsulfat Gelbfärbung bei Gegenwart von Holzstoff ein. Auf diese Weise überzeugt man sich, dass z. B. Baumwolle, Wollgraswolle, Lein, Chinagras nicht verholzt sind, und dass Hanf, Jute, Zeitungspapier, neuseeländischer Flachs, Manila, Pite, kurz die meisten Fasern verholzt sind.

Der Korkstoff kommt in Pflanzenfasern viel seltener vor. Er bedeckt z. B. in Form eines kaum 0·0005

Millimeter dicken Häutchens — Cuticula genannt — den Cellulosefaden der Baumwolle, Pflanzendunen und Pflanzenseiden, kurz aller Haare und die Oberhaut aller höheren Pflanzen. In Verbindung mit Cellulose ertheilt er dem Korke seine bekannten Eigenschaften. Merkwürdigerweise besteht der Korkstoff aus Wachs, das aber in so eigenthümlicher Weise mit der Cellulose verbunden ist, dass Niemand z. B. im Flaschenkorke 50 bis 60 % Wachs vermuthen würde.

Die Cellulose besteht, so wie der Holz- und Korkstoff, nur aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel fehlen daher (im Wesentlichen) der Pflanzenfaser. Da nun sämmtliche Thierfasern (Haare, Seide) Stickstoff und theilweise auch Schwefel enthalten, so bestehen ganz bedeutende chemische Unterschiede zwischen Thier- und Pflanzenfasern. Es ist daher für einen Chemiker sehr leicht, Thier- und Pflanzenfasern von einander zu unterscheiden.

Von all den zahlreichen Methoden jedoch, dies zu thun, seien nur zwei kurz erwähnt. Kocht man eine Pflanzenfaser mit Kalilauge oder Natronlauge durch einige Minuten, so bleibt sie ungelöst, während sich Thierhaare und Seide lösen. Zündet man Pflanzenfasern an einer Flamme an, so brennen dieselben von selbst weiter, hinterlassen eine graue Asche und entwickeln hiebei einen nicht unangenehmen, etwas säuerlichen Geruch, während Thierfasern fast stets nur so lange brennen, als sie sich in der Flamme befinden, eine schwarze, glänzende und schwammige Kohle hinterlassen und einen

Geruch nach verbrannten Federn entwickeln. Zu beachten ist hiebei, dass fette Fasern unter allen Umständen von selbst weiter brennen.

Auf diese Weise ist man im Stande, Baumwolle oder Jute (oder die in Tuchen oft vorkommende Cosmosfaser) ohneweiters von Seide, Angora, Schafwolle und dergleichen zu unterscheiden. Zu diesen chemischen Unterschieden gesellen sich nun noch eine ganze Reihe anderer physikalischer, mikroskopischer. Was die ersteren anbelangt, so sei nur darauf hingewiesen, dass die Pflanzenfasern, namentlich die verholzten, sehr wenig dehnbar sind, nämlich nur um 1—2 %, während die Thierfasern um 5—15 % und im nassen Zustande bis um 25 % dehnbar sind, ohne zu zerreissen.

Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten der Pflanzenfasern gegen kalte Salpetersäure. Taucht man Baumwolle oder Holzstoff, Papier etc. in kalte concentrirte Salpetersäure ein, so entsteht eine sogenannte Nitroverbindung der Cellulose. Die Nitrocellulosen sind zum Theil in Aether oder Gemengen von Aether und Alkohol löslich und dienen dann zur Herstellung des Collodiums. Sie heissen dann Collodiumwollen. Zum Theile sind sie aber äusserst explosiver Natur und führen dann den Namen Schiesswolle oder Pyroxylin. Namentlich aus Watte werden Collodium- und Schiessbaumwolle erzeugt. Beide diese Körper haben die Eigenthümlichkeit, sich in einer alkoholischen oder ätherischen Lösung von Kampher oder in geschmolzenem Kampher aufzulösen, wobei zugleich selbst die explosivste Schiessbaumwolle

ganz ungefährlich wird. Eine solche in Kampher gelöste Nitrocellulose heisst im getrockneten und festen Zustande Celluloid. Dieses riecht daher intensiv nach Kampfer. Es kann verschiedentlich gefärbt werden und auf diese Weise zur Herstellung von Imitationen von Elfenbein, Schildpatt, Korallen, Malachit, Horn etc. verwendet werden. Man verfertigt daraus sogar Kleidungsstücke, Hemdkrägen und dergleichen (Hyatt's Wäsche). Das Celluloid ist ungemein zähe, fest, sehr elastisch und lässt sich ganz so wie Horn, Elfenbein, Meerschaum und dergleichen bearbeiten.

Sehr wichtig ist das Verhalten der Fasern gegenüber der Feuchtigkeit. Es ist dasselbe so verschieden und complicirt, dass es schon aus diesem Grunde eine nähere Besprechung verdient. Zunächst ist wichtig zu erwähnen, dass die Fasersubstanz eine quellungsfähige ist. Ein echter Krystall löst sich entweder in irgend einer Flüssigkeit oder er löst sich darin nicht. Ist das erstere der Fall, so wird er immer kleiner, er schmilzt aussen ab, nie aber ist die Flüssigkeit im Stande, in das Innere desselben einzudringen, er ist nicht quellungsfähig. Ganz anders verhalten sich die thierischen und pflanzlichen Zellwände. Ohne irgend etwas herauszulösen, sind verschiedene Flüssigkeiten, wie Wasser, Säuren, Alkalien, im Stande, in dieselben einzudringen und sie zum Aufquellen zu bringen. Da nun die Pflanzen- und Thierfasern aus organisirter Zellwandsubstanz bestehen, so sind sie sämmtlich auch quellungsfähig. Quellungsfähige Körner haben im trockenen Zustande auch die Fähigkeit,

die Luftfeuchtigkeit bis zu einem gewissen Grade an sich zu ziehen. Sie sind, wie man sagt, hygroskopisch. Im Allgemeinen sind die Thierfasern viel hygroskopischer als die Pflanzenfasern. Da nun erstere auch höher im Preise stehen, so ist es für den Handel von Wichtigkeit, dass ihr hygroskopischer Wassergehalt, der bis auf über 40 % steigen kann, bestimmt wird. Es geschieht dies in den sogenannten Conditionirungsanstalten. Pflanzenfasern zeigen im lufttrockenen Zustande einen Wassergehalt von 5—13 %. Bewahrt man jedoch die Faser durch 24—48 Stunden in einem geschlossenen Raume auf, der mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist, so kann sie bis 40 % Wasser aus der Luft aufnehmen. Dabei verhalten sich die verschiedenen Fasern durchaus nicht ganz gleich. Im Allgemeinen zeigt sich, dass jene Fasern, die wir oben als verholzte kennen gelernt haben, mehr hygroskopisches Wasser aufzuspeichern vermögen als die nicht verholzten. So nimmt der nicht verholzte Lein bis 14 % hygroskopisches Wasser auf, die stark verholzte Jutefaser bis 25 %. Hingegen bildet die Baumwolle, welche etwa 20 % Wasser aus feuchter Luft aufspeichert, eine Ausnahme. Bei der Pitefaser (von *Agave americana*) und dem Abaca- oder Manilahanf (von *Musa textilis*) kann die Menge von hygroskopischem Wasser auf 30—40 % steigen.

Wenn man eine Pflanzenfaser in Wasser legt, so quillt sie mit grosser Kraft an; sie wird dicker. Die Dickezunahme beträgt bei den verschiedenen Fasern ziemlich gleich viel, nämlich 15—30 %. Beobachtet

man eine einfache Hanffaser unter dem Mikroskope zuerst in Luft, dann in Wasser, so sieht man, dass sie in letzterem um durchschnittlich 23 % dicker ist. Es ist klar, dass ein Hanfseil beim Nasswerden auch dicker werden muss, und zwar voraussichtlich um ebenso viel als die Einzelfaser. In der That lehrt die Beobachtung, dass sich trockene und gut gedrehte Hanfseile um circa 23 % beim Liegen in Wasser verdicken.

Man sollte glauben, dass ein trockener quellungsfähiger Körper beim Anquellen nach allen Richtungen hin sich vergrössern müsse. Allein es ist bekannt, dass sich Seile beim Nasswerden verkürzen. Die Verkürzung der Seile beträgt 2—12 und vielleicht noch mehr Procente der Länge, ist also sehr bedeutend. Ein 100 Meter langes Seil kann sich um 10—12 Meter verkürzen. Da nun diese Verkürzung mit einer sehr grossen Kraft geschieht, so kann man diese Eigenschaft der Seile dazu verwenden, sehr schwere Lasten zu heben oder fortzubewegen. Es ist historisch festgestellt, dass sich die Egypter der in Rede stehenden Eigenthümlichkeit der Seile bedienten, um ihre Obelisken aufzustellen und Kolossalblöcke fortzuschaffen.

Was ist nun die Ursache der so auffallenden Verkürzung der Seile beim Quellen? Diese Frage, eine der ältesten existirenden wissenschaftlichen, hat im Laufe der Zeit die verschiedensten Beantwortungen erfahren. Bald sollte die Capillarität, bald die Drehung des Seiles, bald die Verkürzung der Einzelfaser die Ursache sein. Offenbar konnte aber eine endgiltige Beantwortung dieser

Frage erst dann platzgreifen, als das Verhalten der Einzelfaser genügend geprüft war. In der That ist dieses so eigenthümlich und interessant, dass es eine genauere Betrachtung verdient. Legt man eine gewöhnliche Pflanzenfaser, z. B. Lein, Hanf, Jute, in Wasser, so wird sie länger, aber nur um höchstens einige Zehntelprocente. Wenn man nun die Faser wieder trocknen lässt, so wird sie wieder kürzer, und zwar um ebenso viel, als sie sich bei Nasswerden verlängerte. Es ist sehr merkwürdig, dass es Fasern gibt, welche sich gerade umgekehrt verhalten. So z. B. der neuseeländische Flachs, der aus den Faser- und Gefässbündeln des Blattes der Flachslilie *(Phormium tenax)* besteht. Legt man neuseeländischen Flachs in Wasser, so verkürzt er sich, um sich dann beim nachfolgenden Trocknen wieder zu verlängern. Man könnte nun der Meinung sein, dass dies die specifische Eigenschaft dieser einen Faser ist. Dem ist jedoch nicht so, denn man ist durch geeignete Mittel im Stande, auch andere Fasern, z. B. Aloëhanf, in einen solchen Zustand zu bringen, in welchem sich der neuseeländische Flachs für gewöhnlich findet. Wenn man nämlich Aloëhanf nass macht und im nassen Zustande spannt und gespannt trocknen lässt, so verhält er sich ganz ähnlich wie natürlicher neuseeländischer Flachs. Er verkürzt sich nämlich anfänglich sowohl beim Nass-, als auch beim Trockenwerden und später nur beim Benetzen, während er beim Trocknen länger wird. Es ist überhaupt eine Eigenschaft aller, auch der thierischen Fasern, dass die durch Spannung erzeugte Dehnung beim nachträg-

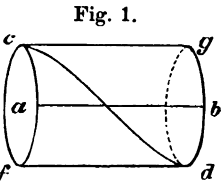
lichen Benetzen und Wiedertrocknen zum Theile wieder ausgeglichen wird.

Wenn man irgend eine Faser oftmals um ihre eigene Axe dreht, so verhält sie sich ganz so wie natürlicher neuseeländischer Flachs, wird also beim Nasswerden kürzer und beim Trocknen länger, nur mit dem Unterschiede, dass die Längenänderungen hiebei mehrfach grösser sind. Man kann also nach dem Gesagten jede Faser sehr leicht in jenen Zustand bringen, in welchem sich ein gut gedrehtes Seil befindet, nur mit dem Unterschiede, dass sich die Einzelfaser nur um höchstens 1 %, das Seil hingegen um 8—10 % verkürzt.

Die bisher besprochenen Eigenschaften der Einzelfaser erklären nun in einfacher Weise das Jedermann bekannte „Eingehen“ der Wäsche. Stoffe aus Thierfasern gehen stärker ein als solche aus Pflanzenfasern, weil erstere stärker dehnbar sind und daher auch mehr gedehnt werden bei dem Processe des Verspinnens und Webens. Mit diesen beiden Operationen sind immer starke mechanische Dehnungen verbunden, die dann beim Waschen zum Theile ausgeglichen werden. Beim Spinnen wird jedoch die Faser auch stark um ihre Axe gedreht, es ist ferner der ganze Garnfaden tordirt, weshalb sich ebenfalls das nasse Tuch verkürzen muss. Es fragt sich nun, woher kommt es, dass sich die gedrehte Faser gerade in entgegengesetzter Weise verhält? Wenn es vorläufig nicht möglich ist, für das eigenthümliche Verhalten des neuseeländischen Flachses, der gespannten Aloëfaser u. A. eine genügende Erklärung zu

finden, so ist es um so erfreulicher, dass man nunmehr eine vollständig befriedigende Erklärung für die Verkürzung tordirter Fasern, sowie der Seile und Garne beim Anquellen in Wasser kennt. Um aber diese Erklärung in plausibler Weise geben zu können, muss ich etwas weiter ausholen. Jede Faser stellt im Allgemeinen einen langen Cylinder dar, der beim Quellen etwas dicker wird. Es sei nun, wie Fig. 1 zeigt, *c d f g* ein Stück eines solchen Fasercylinders. Man kann sich jede Faser als aus feinen Fäserchen zusammengesetzt denken, welche mehr minder parallel mit der Axe des Cylinders liegen. Es sei *a b* in Fig. 1 ein solches Fäserchen. Wenn nun der Cylinder durch Quellung dicker wird, so werden sich die Fäserchen (Fibrillen) einfach von einander entfernen, und es wird hiedurch die Länge des Cylinders nicht beeinflusst. Ein Cylinder, der also aus lauter mit der Axe parallelen Fasern besteht, braucht sich daher beim Dickerwerden nicht zu verkürzen. Die Fibrillen, aus welchen die Pflanzenfasern bestehen, sind sowohl im trockenen, wie im nassen Zustande nur wenig dehnbar, wie man daraus schliessen kann, dass die ganze Faser sich so verhält. Ebenso ist es sicher, dass die einzelnen Fibrillen bei verschiedenem Wassergehalte nur sehr wenig in der Länge differiren. Denkt man sich nun den Cylinder um seine Axe gedreht, so werden die Fibrillen, welche sich ursprünglich in der Lage *a b* (Fig. 1) befanden, in eine zur Axe

Fig. 1.



geneigte Lage gelangen, sie werden mehr oder weniger genau die Form einer Spirale beschreiben müssen. Wird nun der aus spiralig angeordneten Fibrillen bestehende Faden (welche fast undehnbar sind!) dicker, so müssen entweder die Fibrillen länger werden, oder wenn sie dies nicht thun, muss der ganze Cylinder kürzer werden. Da nun in der That die Fibrillen fast nicht dehnbar sind, während, wenn der Cylinder um z. B. 25 % dicker wird, auch die Spirale um 25 % länger werden müsste, so muss sich der ganze Cylinder verkürzen. Da das Dickerwerden beim Quellen einer Faser oder eines Seiles mit grosser Kraft geschieht, so muss auch die Verkürzung derselben eine sehr kräftige sein.

Die Stärke der Verkürzung eines Seiles beim Nasswerden hängt von der Dehnbarkeit der Einzelfaser, der Stärke der Drehung, der Festigkeit des Seiles und anderen Umständen ab. Eine Rebschnur aus Hanf verkürzt sich um 10 %, während sich eine ebenso stark gedrehte Saite aus Seide nur um 1—2 % verkürzt. Ein gewöhnlicher schwach gedrehter Hanfspagat verkürzt sich nur um 2—3 % u. s. w. Diese wichtige Eigenthümlichkeit des Seiles lehrt uns zugleich, dass dieses als eine besondere Erfindung des Menschen zu gelten hat, eine Erfindung, die zwar, was die Hauptsache, die Torsion oder Drehung anlangt, sehr nahe liegend, keineswegs aber selbstverständlich ist. Der Wilde mochte wohl bemerkt haben, dass die Sehne seines Bogens leicht riss, wenn sie nicht gedreht war, und so mochte der Kampf ums Dasein das Seil, eine der ältesten Erfindungen,

geschaffen haben. Gegenwärtig ist die Zusammendrehung von Fasern, um diese zusammenzuhalten, um kurze zu langen Fäden zu vereinigen, eine der wichtigsten Mittel, mit welcher die Millionen von Menschen beschäftigende Textilindustrie arbeitet.

Während die Fasern bei der Quellung in Wasser sich bald ein wenig verkürzen, bald ein wenig verlängern, zeigen sie gegenüber sehr starken Quellungsmitteln, wie z. B. concentrirter Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak u. dgl., constant die merkwürdige Erscheinung einer sehr starken Verkürzung. Legt man einen Baumwollfaden in concentrirtes Kupferoxydammoniak, so schwillt er auf das Fünf- bis Sechsfache seiner Dicke an und wird dabei um die Hälfte kürzer. Zieht man einen Papierstreifen durch concentrirte Schwefelsäure hindurch, so verkürzt sich derselbe in auffallender Weise. Das sogenannte Pergamentpapier wird dadurch erzeugt, dass Papier durch Schwefelsäure von nicht zu starker Concentration hindurch gezogen wird. Hiebei quellen die Fasern stark an, der Papierbogen wird kürzer und schmäler, und durch die verquollenen Fasern werden die feinen Poren des Papieres verstopft und kleben dieselben getrocknet überhaupt sehr fest zusammen. Hiedurch kommt die pergamentähnliche Beschaffenheit zu Stande.

Was bewirkt aber die interessante Erscheinung der Verkürzung der Fasern in sehr starken Quellungsmitteln? Eine eigentliche Erklärung für dieselbe aufzustellen ist bislang nicht möglich, sicher ist es aber, dass

die Ursache hievon in dem Umstande liegt, dass die Fasern in der Pflanze im Wesentlichen durch Dehnung länger werden. Erwärmt man einen durch Ausziehen erhaltenen Siegellackfaden, so verkürzt er sich beim Weichwerden gerade so wie die Fasern in Schwefelsäure. Erzeugt man sich aus Gummi arabicum einen dünnen Faden und legt diesen in Wasser, so quillt er erst an und verkürzt sich auf die Hälfte und löst sich hierauf. So wie ein Siegellackfaden oder ein Gummifaden durch Ausdehnen oder Ausziehen entsteht, so entstehen auch die langen Elemente, welche die Bastfaserbündel zusammensetzen, im Wesentlichen durch Dehnen. Und so wie eine künstlich gedehnte Bastfaser sich beim nachträglichen Quellen in Wasser etwas verkürzt, so tritt mit starken Quellungsmitteln auch die starke Verkürzung ein. Hier sei noch der Vollständigkeit halber bemerkt, dass jede beliebige Zellmembran, also nicht blos die Fasern allein, sich nach zwei auf einander senkrechten Richtungen verkürzen und in der dritten Dimension verdicken, wenn sie in starke Quellungsmittel gebracht werden, weil eben jede beliebige Zellmembran durch Dehnung wächst.

Gehen wir zu einer weiteren auffallenden Eigenschaft der Fasern, zur Besprechung ihrer Festigkeit über, so ist vor Allem zu bemerken, dass die trockene pflanzliche Zellwand überhaupt durch eine grosse Festigkeit ausgezeichnet ist. Und dies ist einigermassen begreiflich. Denn die Pflanzen sind im Allgemeinen recht schlanke und hohe Organismen, welche sich nur schlecht

gegen die äusseren Einflüsse schützen können. Sie müssen eine grosse mechanische Festigkeit besitzen, um dem zerstörenden Beginnen von Sturm und Hagel, von Menschen und Thier widerstehen zu können. Sie müssen daher aus Elementen aufgebaut sein, welche eine gewisse Festigkeit besitzen, wobei es aber durchaus nicht nöthig ist, dass jedes Element, jede Zelle zur Festigung der Pflanze dienen muss. So wie bei Menschen und Thier fast stets feste stützende Skelettheile vorhanden sind, die die weicheren Theile tragen, so ist dies auch im Allgemeinen bei den Pflanzen der Fall, und so wie in der Thierwelt die festigenden Bestandtheile des Körpers ihrer Function ganz besonders angepasst und namentlich nach mechanischen Regeln angeordnet sind, so gilt dies auch für die Pflanzenwelt. Die Holz- und Bastfasern der höheren Vegetabilien sind es in erster Linie, welche als Skeletbestandtheile derselben zu gelten haben, und es ist staunenswerth, zu sehen, wie dieselben am Querschnitte der Pflanzenstengel und Blätter gerade so angeordnet sind, wie sie ein verständiger Mechaniker bei gegebenem Materiale vertheilt haben würde. Selbstverständlich ist diese Vertheilung eine verschiedene, je nach dem Zwecke derselben und je nach speciellen Verhältnissen. Ein Stamm kann zum Beispiele bug- oder biegungsfest gebaut sein, d. h. er kann entweder so gebaut sein, dass er einer Zugwirkung den grösstmöglichsten Widerstand leistet, oder aber, dass er sich möglich schwer brechen (biegen) lässt. Der Stamm einer Palme, der Halm des Weizens, die Blätter der Lilien u. s. w.

sind biegungsfest gebaut, während z. B. die Ranken des Weinstockes, des Kürbises, die Ausläufer der Erdbeere, die hängenden Triebe der Ampelpflanzen und die Stämme vieler Schlingpflanzen zugfest gebaut sind.

Bei zugfesten Organen finden sich die festigenden Bestandtheile möglichst nahe dem Centrum, während sie bei druckfesten sich nahe der Oberfläche derselben finden. Die Bastfasern und die Holzfasern werden daher als eigentliche festigende Bestandtheile der Pflanzen durch eine besondere Zähigkeit und Festigkeit ausgezeichnet sein. In der That ist es durch Versuche nachgewiesen, dass Eisendraht eine Zugfestigkeit besitzt, welche gar nicht viel grösser ist als die von trockenen Bastfasern. Nach den Untersuchungen von Schwendener trägt der Stengel der Gartennelke pro Quadratmillimeter Querschnitt der darin enthaltenen Bastfasern 14·3 Kilogr., während Schmiedeisenblech pro Quadratmillimeter Querschnitt 14·6 Kilogr. trägt. Die trockenen Bastfasern des neuseeländischen Flachses tragen pro Quadratmillimeter 20 Kilogr., bester Eisendraht 21·9 Kilogr. Man ersieht daraus, dass die Bastfasern eine Zugfestigkeit besitzen, welche kaum geringer als die von gezogenem oder gewalztem Eisen ist.

Es ist sicher, dass zwischen den verschiedenen Arten von Fasern, was die Festigkeit anbelangt, grosse Unterschiede bestehen. Es ist z. B. Leinfaser fester wie Baumwolle, Hanf fester wie Leinen. Ebenso ist es sicher, dass Manilahanf und neuseeländischer Flachs zu den festesten existirenden Fasern gehören. Es ist indessen

sehr schwierig, die relative Festigkeit der einzelnen Faserarten festzustellen, erstens, weil es fast unmöglich ist, den Querschnitt eines Faserbündels überall gleichmässig gross zu machen, und zweitens, weil dieselbe Faser je nach der individuellen Beschaffenheit der Stammpflanze, der Bereitungsweise der Faser, dem Wassergehalte u. dgl. höchst verschieden zugfest ist. Es gibt sehr festen und sehr schwachen Manilahanf u. dgl. Deshalb sind auch die Angaben über die relative Zugfestigkeit der technisch verwendeten Fasern sehr variirend.

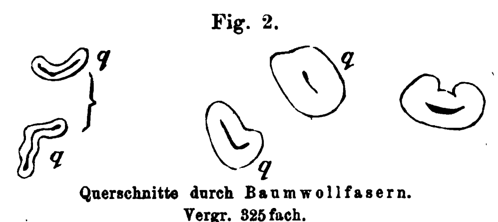
Das Gewicht, das ein bestimmtes Faserbündel trägt, ohne zu zerreissen, hängt selbstverständlich auch von der Dicke des Bündels ab. Es sind daher nur solche Zahlen mit einander vergleichbar, welche mit genau gleich dicken Bündeln gewonnen wurden. Eine Zahl, welche ohneweiters die relative und absolute Festigkeit der Fasern angibt, ist hingegen jene, welche die sogenannte Reisslänge einer Faser anzeigt. Um diese Reisslänge zu charakterisiren, denke man sich einen ganz gleichmässig dicken Faden, der am oberen Ende befestigt ist und frei herabhängt, immer länger und länger werden. In Folge dieser Längenzunahme wird er immer schwerer werden und endlich wird er am oberen Ende reissen. Die Länge nun, bei welchem das Reissen eintritt, heisst die Reisslänge. Es ist klar, dass diese von der Dicke des (ganz gleichmässig dick gedachten) Fadens ganz unabhängig ist, denn ist der Faden z. B. dreimal so dick, so ist er auch dreimal so schwer und muss beim Erreichen derselben Länge wie früher zum

Zerreissen kommen. Hartig fand durch geeignete Versuche, dass die Reisslänge unserer Fasern eine bis mehrere geographische Meilen beträgt.

Von den allgemeinen Eigenschaften der Fasern sei hier noch das optische Verhalten derselben besprochen. Sehen wir hier von zwei äusserlichen optischen Eigenschaften, der Farbe und dem Glanze der Fasern, die ungemein wechseln — es gibt schneeweisse (Chinagras) bis schwarze (Kitool), seidenglänzende (vegetabilische Seide) bis ganz matte (ostindische Baumwolle) Fasern — ab, und beschränken wir uns auf die Erörterung einer ebenso verborgenen als interessanten Eigenthümlichkeit der Fasersubstanz, nämlich die, das Licht zu polarisiren. Bekanntlich gibt es nicht blos eine Art weissen oder farbigen Lichtes, sondern mehrere. Das gewöhnliche ist das nicht polarisirte Licht, die übrigen sind die polarisirten Lichtarten (geradlinig, kreisförmig, elliptisch-polarisirt). Lässt man z. B. durch einen Bergkrystall oder einen isländischen Doppelspath Licht durchtreten, so kommt es in polarisirtem Zustande heraus. Es ist nun eine Eigenschaft aller festeren vegetabilischen und thierischen Zellwände, das Licht stark doppelt zu brechen. Das in das Innere von pflanzlichen und thierischen Körpern eindringende Licht ist kein gewöhnliches, sondern polarisirtes. Sehr auffallende und farbenreiche Erscheinungen werden im Polarisationsapparate durch die optischen Eigenschaften der Fasern hervorgerufen, doch würde es uns hier zu weit führen, dieselben hier zu beschreiben.

Wir haben bisher die Fasern als etwas Ganzes betrachtet und haben uns nicht gefragt, wie dieselben unter dem Mikroskope gebaut erscheinen. Hiedurch werden wir auch der Aufgabe näher treten, die wichtigeren Fasern von einander zu unterscheiden. Die Fasern sind keine so einfachen Gebilde wie die Krystalle; sie zeigen unter dem Mikroskope einen ziemlich complicirten Bau. Es kann hier selbstverständlich nicht unsere Aufgabe sein, alle Fasern auf ihren Bau zu untersuchen, und wir wollen uns daher damit begnügen, einige der wichtigeren herauszuheben.

Fig. 2.

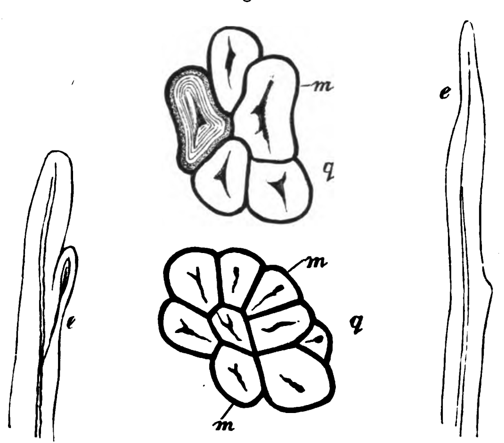


Querschnitte durch Baumwollfasern.
Vergr. 325 fach.

Die Baumwolle z. B. ist ein Samenhaar, das aus flachen, 2—4 Centimeter langen und 12—40 Tausendstelmillimeter dicken Zellen besteht, von welchen jede einen Faden bildet. Es stellt also jede Baumwollfaser eine flach zusammengepresste Röhre dar, die an einem Ende offen, am andern Ende geschlossen ist. Dabei ist die Faser um ihre Axe gedreht. Das Lumen erscheint am Querschnitte (Fig. 2) als schmale Linie und ist die Wandung, wie die obenstehende Figur zeigt, entweder sehr dick oder ziemlich dünn. Jedes Baumwollhaar ist von anderen vollständig isolirt, es stehen dieselben daher nicht in Bündeln.

Anders hingegen die Bastfasern (Fig. 3 bis 5). Diese bilden stets Bündeln. Figur 3 zeigt zwei Querschnitte durch Hanffaserbündel. Die Fasern sind durch eine mit *m* bezeichnete Lamelle verbunden. Löst man diese Lamelle z. B. mit Salpetersäure auf, so erfolgt die

Fig. 3.

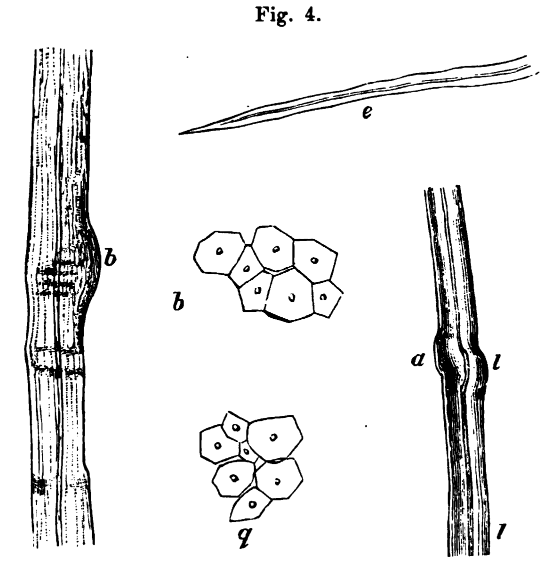


Hanffasern. Querschnitte *(q)* und Enden *(e)*.
Vergr. 325 fach.

Trennung der Fasern. Beim Flachs ist die Verbindungslamelle viel schmäler. Man ersieht durch den Vergleich der drei Figuren 3 (Hanf), 4 (Flachs) und 5 (Jute) zugleich alle Formunterschiede, welche zwischen diesen drei wichtigen Fasern vorhanden sind: beim Flachs sind die Enden der einzelnen Bastfasern scharf zugespitzt, das Lumen ist ganz schmal linienförmig, im Querschnitte punktförmig; der Querschnitt der ganzen Faser ist poly-

gonal. Beim Hanf sind die Enden stumpf, manchmal sogar verzweigt, das Lumen ist breiter; der Querschnitt ist mehr abgerundet, zeigt ein spaltenförmiges Lumen und eine dicke Verbindungslamelle. Hanf und Flachs

Fig. 4.

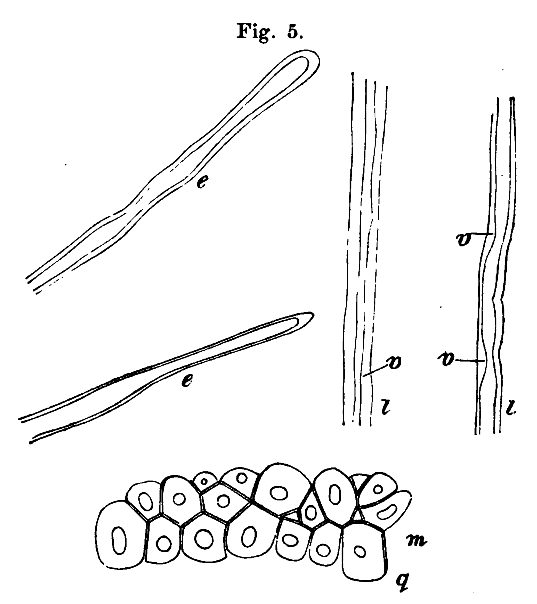


Flachsfasern. Querschnitte *(b, q)* und Mittelstücke *(l)*, sowie ein Ende *(e)*. Vergr. 325fach.

haben ferner im Gegensatze zur Jute die Eigenthümlichkeit, hie und da mit Querstreifen oder quergestellten Bruchlinien versehen zu sein, wodurch eine scheinbare Gliederung der Faser eintritt, welche der Jute vollständig fehlt. Diese Gliederung ist nicht eine Folge der

mechanischen Bearbeitung der Fasern gelegentlich ihrer Isolirung, sondern schon in der Pflanze entstanden, und zwar, wie ich fand, in Folge des wechselnden und ungleichen Gewebedruckes.

Fig. 5.

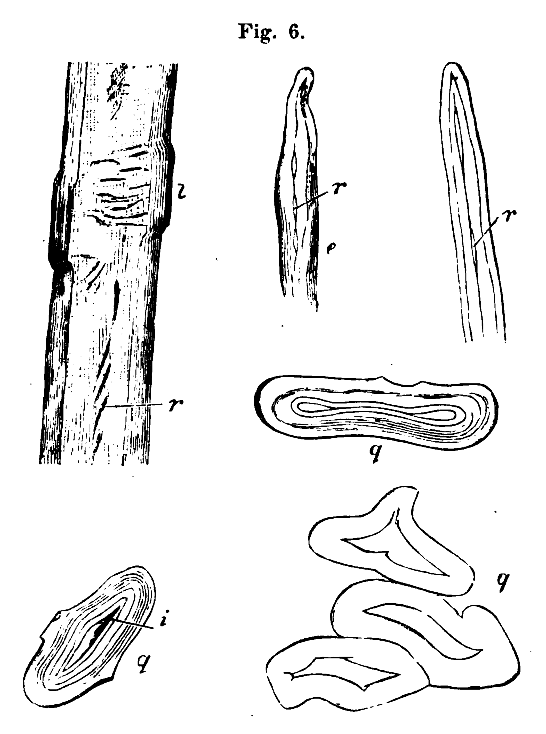


Jutefaser. Querschnitt (q), Mittelstücke (l), Enden (e). Vergr. 325 fach.

Die Jute zeigt stumpfe weitlumige Enden, ein breites Lumen im Mitteltheile, das aber häufig Verengerungen aufweist (Fig. 5 bei *v*), keine Gliederung; meist halb abgerundete, halb polygonale Querschnitte mit auffallender Verbindungslamelle und rundlichem Lumen.

Das Chinagras (oder Ramieh) ist eine ostindische Faser von ausgezeichneter Beschaffenheit, die aus ein-

Fig. 6.

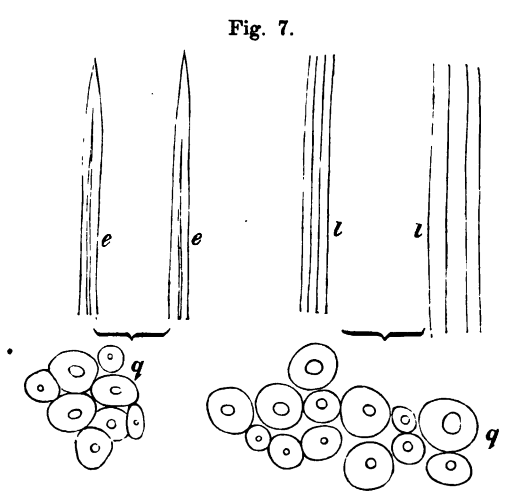


Chinagras (Ramieh). Querschnitte *(q)*, Mittelstück *(l)*, Enden *(e)*. Vergr. 325 fach.

zelnen Fasern von bis über 25 Centimeter Länge besteht; diese zeigen hiebei die beträchtliche Breite von bis 80 Tausendstelmillimeter (drei bis fünfmal so breit wie

Baumwolle, zweimal so breit als Jute, Hanf und Flachs); der eigenthümliche Querschnitt zeigt keine Verbindungslamelle und ein breit spaltenförmiges Lumen. Die Enden sind stumpf, die Mitteltheile zeigen zahlreiche Risse, Spalten (Fig. 6, *r*) und Querlinien etc.

Fig. 7.

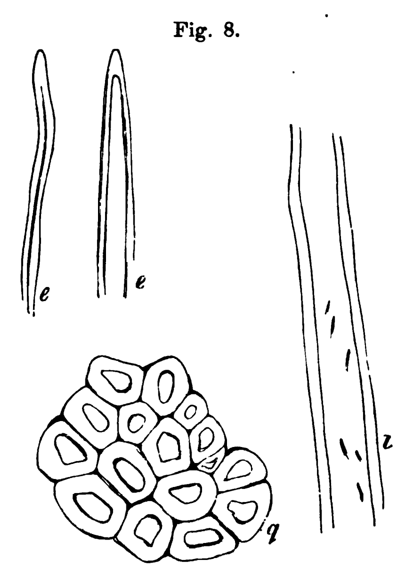


Neuseeländischer Flachs. Querschnitte *(q)*, Mittelstücke *(l)*, Enden *(e)*.
Vergr. 325fach.

Figur 7 zeigt uns die Fasern des neuseeländischen Flachses im Querschnitte und in der Längsansicht. Man ersieht daraus die auffallenden Unterschiede von den bisher betrachteten Fasern. Ebenso gibt uns Fig. 8 ein Bild von dem mikroskopischen Bau der Aloëhanffaser. Manilahanf und Pitehanf zeigen, was die Fasern anbe-

langt, genau dasselbe Bild wie Fig. 8, und es kann die sichere mikroskopische Unterscheidung von Aloë-, Manila- und Pitehanf nur dadurch geschehen, dass man darauf Rücksicht nimmt, dass letztere beide eigenthüm-

Fig. 8.



Aloëhanf. Querschnitte (*q*), Mittelstück (*l*), Enden (*e*). Vergr. 325 fach.

liche accessorische Elemente besitzen, welche dem Aloëhanfe fehlen.

Soweit über die mikroskopischen Eigenschaften der Fasern, und nun zum Schlusse.

Wir haben in den unscheinbaren Fasern eine Menge von merkwürdigen Eigenschaften kennen gelernt und

eine Mannigfaltigkeit in der Beschaffenheit und Anwendung, die Demjenigen, der davon zum ersten Male hört, gewiss unerwartet kommt und sein Interesse gewiss im höchsten Grade anzuregen im Stande ist. Leider verbietet mir der beschränkte Raum, den betretenen Weg weiter zu verfolgen und nicht nur Eingehenderes über die Eigenschaften zu bringen, sondern noch weiters die technische, sociale und mercantile Bedeutung der Fasern zu beleuchten. Und es liessen sich auch ethische Studien und Betrachtungen über diese anknüpfen. In welch' bescheidener Art treten nicht die Fasern im alltäglichen Leben auf, und welch' enorme Bedeutung besitzen dieselben nicht im Leben nicht nur des Einzelnen, nicht nur weniger Völker, sondern der ganzen bewohnten Welt. Kaum ein nicht unmittelbar zur Existenz dienender Artikel greift so tief ein ins sociale Leben wie die Fasern; sie decken nicht nur buchstäblich die nackte Blösse desselben, sie helfen nicht nur geschlagene Wunden zu heilen, sondern sie nähren mittelbar Hunderttausende, ja Millionen von Menschen. Von dem Wachsthum der Baumwollfaser in Indien und in Nordamerika hängt das Gedeihen von Millionen civilisirter, aber armer Menschen ab, und eine missrathene Ernte würde Tod und Verderben in vielen blühenden Districten bedeuten.

Zum Glücke für die Menschheit ist die stets ausgleichende Mutter Natur immer bereit, selbst erzeugte Schäden auch wieder selbst zu heilen. Nicht nur die Verschiedenheit der Gegenden und die gegenseitige Entfernung derselben, wo die wichtigeren Fasern gewonnen

werden, sondern auch die grosse Mannigfaltigkeit dieser ermöglichen trotz Missernten eine continuirliche ernährende Beschäftigung des Menschen. Und die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Rohstoffe und speciell der Fasern drückt mit den Stempel dem Antlitze der Gegenwart auf! Welch' ein Gegensatz von heute zur Zeit vor 50 oder 100 Jahren! Welche Einförmigkeit damals in der Industrie, wie gering die Zahl von Rohstoffen und welche complicirte Mannigfaltigkeit heute!

Liebig hat vor längerer Zeit die Culturstufe der civilisirten Nation aus der Grösse des Seifenverbrauches zu beurtheilen versucht; ich glaube, wir sind gegenwärtig darüber hinaus und befinden uns in der Periode der tropischen Rohstoffe und können durch die Fülle und Mannigfaltigkeit dieser den Massstab an unsere Civilisation legen. Und kaum eine Gruppe von Rohstoffen ist dazu mehr geeignet als die der Fasern!

2.

Ueber die

Einrichtungen der Blüthen

und ihre Ursachen.

Ein Vortrag

gehalten

im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 2. December 1885

von

Prof. Dr. Franz Ritter von Höhnel.

(Mit 8 Abbildungen.)

Wien, 1886.

Selbstverlag des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Betrachtet man eine höhere Pflanze, z. B. einen Baum oder eine grössere Wiesenpflanze, so findet man ohne Weiteres, dass man an ihr drei deutlich von einander verschiedene Organe oder Theile unterscheiden kann, nämlich die Wurzel, den Stengel und die Blätter. Man wird ferner alsbald entdecken, dass fast jede grössere Pflanze diese drei Theile in auffallender Weise zeigt, und mithin das Vorkommen derselben eine Art von morphologischem oder Form-Gesetz der Pflanzenwelt ist. Verfolgt man nun einen Zweig von seiner Basis zur Spitze, so bemerkt man leicht, dass nach oben hin seine Blätter erst etwas grösser werden und schliesslich wieder kleiner, so dass sich im Allgemeinen die grössten Blätter im mittleren Theile desselben befinden, während die Spitze von einer aus ganz kleinen Blättern zusammengesetzten Knospe gebildet wird. Aber nicht alle Zweige der Pflanze endigen mit einer derartigen Laubknospe, viele zeigen statt einer solchen ein ganz anderes Organ, das entweder als Blüthe oder als Blüthenstand bekannt ist.

Die Blüthen und Blüthenstände sind in der Regel so verschieden von den übrigen Gebilden der Stengel gebaut, dass man versucht sein könnte, sie als etwas

ganz Eigenes zu halten. Und in der That ist es bei manchen derselben schwierig, die bereits genannten Grundorgane oder Glieder der Pflanzen in ihnen zu entdecken. Wenn man indessen eine einfacher gebaute Blüthe, z. B. die einer Ranunkel oder eines Kirschbaumes, näher betrachtet, so wird es einem alsbald wahrscheinlich, dass jede Blüthe nichts anderes als ein Zweig ist, dessen Blätter etwas anders geformt und gefärbt und dicht zusammengestellt sind. So sieht man z. B. bei einer Ranunkelblüthe aussen drei bis fünf grüne eiförmige Blättchen, die sich von den Laubblättern so wenig unterscheiden, dass man über ihre Blattnatur oder Blattqualität nicht im Zweifel sein kann. Hierauf folgen meist fünf gelbgefärbte Blätter, welche, im Gegensatze zu den darunter befindlichen Kelchblättern, Kronenblätter genannt werden, und welche sich auch sofort als Blätter zu erkennen geben. Nun folgen aber andere zahlreiche Gebilde von fadenförmiger Gestalt, welche an der Spitze ein gelbliches Kölbchen tragen und die als Staubgefässe oder Staubfäden bezeichnet werden. Diese Staubfäden haben schon eine nur mehr geringe Aehnlichkeit mit Blättern. Wenn man sich aber daran erinnert, dass es auch nadel- oder fadenförmige Blätter an Zweigen gibt, wie z. B. bei unseren Nadelhölzern, beim Tannenwedel *(Hippuris vulgaris)* und anderen, so wird man auch keine besondere Schwierigkeit darin finden, die Staubfäden als Blätter (Staubblätter) zu betrachten. Die Mitte jeder vollkommenen Blüthe wird nun von

einem Gebilde eingenommen, dessen Blattnatur schwieriger zu erkennen ist. Bei nicht wenigen Pflanzen tritt sie jedoch auch ganz deutlich hervor. So z. B. bei der Schwertlilie, wo innerhalb des Staubgefässkreises, der aus drei Gliedern besteht, noch drei blattförmige Organe stehen. Man nennt diesen vierten Kreis von Organen den Fruchtknoten, weil er sich häufig als rundliches oder längliches Gebilde zeigt, aus dem stets die Frucht entsteht. Die Frucht, welche als das letzte Stadium der Entwicklung des Fruchtknotens zu betrachten ist, zeigt nicht selten in der deutlichsten Weise die Zusammensetzung des letzteren aus Blättern, namentlich dann, wenn sie eine aufspringende Kapsel ist. Wenn z. B. die schotenförmige Kapsel des Rapses (*Brassica Napus*) bei der Reife in zwei blattähnliche Hälften zerfällt, so können wir schliessen, dass der Fruchtknoten (aus welchem ja die Schote entstand) ursprünglich aus zwei Blättern zusammengesetzt war, was auch thatsächlich der Fall ist. Wenn andererseits die hülsenartigen Kapseln der Erbsen bei der Reife auf einer Seite aufspringen und so schliesslich ein Blatt bilden, so ist der Schluss naheliegend, dass der Fruchtknoten der Erbsenpflanze aus einem Blatte entstand. Beweisender noch, als das Verhalten der aufspringenden Früchte, ist aber jenes der gefüllten Blüthen. Betrachtet man z. B. eine ganz gefüllte Kirschenblüthe, so sieht man fünf grüne Kelchblätter, zahlreiche, in vielen Kreisen stehende weisse Blumenblätter, und in der Mitte ein einziges kleines, grünes

Blättchen, das der Länge nach zusammengelegt ist und ganz so aussieht wie ein gewöhnliches Kirschenblatt, von dem es wesentlich nur durch die viel geringere Grösse verschieden ist. Der Schluss, dass sich das Fruchtblatt statt zu einem Fruchtknoten zu einem Laubblatt umgewandelt habe, ist naheliegend, und ebenso ist anzunehmen, dass sich die Staubgefässe in der gefüllten Kirschenblüthe in Blumenblätter umgewandelt oder metamorphosirt haben. Die Ranunkelblüthe zeigt zahlreiche Staubblätter und viele spiralig angeordnete kleine Fruchtknoten; dem entsprechend sind in der gefüllten Ranunkelblüthe zahlreiche den Staub- und Fruchtblättern entsprechende kleine Blumenblätter vorhanden. Diese klaren Fälle waren es, welche schon vor mehr als hundert Jahren Kaspar Friedrich Wolff, und später Goethe, zu ihren Lehren von der Metamorphose der Pflanzen veranlassten, die noch heute, freilich mannigfaltig verändert und erweitert, sowie auf viel tieferen anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen, wie auch phylogenetischen Grundlagen aufgebaut, zu Rechte bestehen. Und so weiss man heute, dass jede Blüthe ein metamorphosirter Zweig mit Blättern ist.

Warum wurden aber die Zweige metamorphosirt? und wie ist diese Umwandlung zu Stande gekommen? welchen Zweck verfolgt die Natur mit ihr? Diese Fragen sind es nun, welche sofort auftauchen und deren kurze Beantwortung den Gegenstand des heutigen Vortrages bilden soll.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass aus den Blüthen Früchte werden, dass letztere Samen enthalten, die ein kleines Pflänzchen einschliessen, aus welchem sich unter den geeigneten Verhältnissen ein neues Individuum derselben Art entwickelt. Die Blüthen dienen also zur Fortpflanzung der Art. So leicht dies nun zu constatiren ist und so lange es daher schon bekannt ist, so geheimnissvoll und dunkel blieb bis vor wenigen Jahren alles Nähere des Vorganges. Den grossen Fortschritten der Botanik, von der leider viele, selbst höchst gebildete Menschen eine ganz unrichtige, ja längst veraltete und strenge genommen gar nie gerechtfertigt gewesene Ansicht haben, ist es in den letzten Jahrzehnten gelungen, über die wunderbaren Geheimnisse der Blumen, deren edelste Form, die Rose, nicht mit Unrecht als das Symbol des Geheimnisses und der Verschwiegenheit gilt, die eingehendsten und vollständigsten Aufschlüsse zu geben.

In der That, welche Fülle von Geschehnissen der wunderbarsten Art stehen nicht zwischen einer reifenden Blüthenknospe und der fallenden Frucht! Es bedurfte der ausdauerndsten Beobachtungen und schwierigsten mikroskopischen Untersuchungen einer grossen Reihe von Männern, ehe mit der Schärfe und Klarheit der ganze Vorgang erkannt werden konnte, mit welcher wir ihn heute kennen.

Gehen wir nun zur Untersuchung der Blüthen über und vergleichen wir zunächst viele möglichst verschiedene mit einander, so erkennen wir vor Allem,

dass die meisten derselben die vier oben genannten Haupttheile: Kelch, Blumenkrone, Staubgefässe und Fruchtknoten, besitzen. Dass Kelch und Blumenkrone keine absolut nöthwendigen Bestandtheile der Blüthen sind, geht schon aus ihrer einfach blattähnlichen Beschaffenheit hervor, und aus dem Umstande, dass sie in der Regel keine besonderen Organe besitzen. In der That gibt es Blüthen, die beider entbehren, wie z. B. bei der Weide, Pappel, ferner andere, die nur einen Kelch besitzen, wie die Wiesenraute *(Thalictrum)*, oder nur eine Krone, wie der Seidelbast. In letzterem Falle sagt man, die Blüthenhülle sei ein Perigon. Die wesentlichen Organe der Blüthen sind die Staubgefässe und der Stempel oder Fruchtknoten *(Pistill)*. Nichts destoweniger findet man Blüthen, welche nur Staubgefässe enthalten (man nennt sie Staubblüthen), und andere, die Fruchtblüthen genannt, nur einen Fruchtknoten enthalten. Da nun, wie wir noch sehen werden, zur Entstehung einer Frucht beide Organe: Staubgefässe und Stempel, nöthig sind, so ist klar, dass jede Pflanze, welche Stempelblüthen trägt, auch Staubblüthen haben muss, oder wenn dies nicht der Fall ist, so müssen doch Individuen derselben Art Stempelblüthen besitzen. Wenn, wie bei der Weide und Pappel, Staub- und Stempelblüthen auf verschiedenen Individuen vertheilt sind, so sagt man die Pflanze sei zweihäusig; wenn die beiden Blüthenarten, wie beim Nussbaum, der Eiche, Birke, Haselnuss und anderen, nebeneinander auf derselben Pflanze vorkommen, so heisst die

Pflanze einhäusig; besitzt hingegen eine Pflanze nur vollkommene Blüthen, so heisst sie zwitterig. Ganz abgesehen davon, dass die Blüthenhüllen die inneren Organe während ihrer Jugend, wo sie sehr zart sind, schützen, ist es klar, dass sie auch späterhin die wesentlichen Organe, namentlich aber die Staubgefässe, deren Product, Pollen genannt, sehr leicht durch Benetzung mit Wasser leidet, schützen. Dem entsprechend ist namentlich die Blumenkrone auch gebaut. So bildet sie beim Salbei und Eisenhut einen Helm, der die Staubfäden ganz einschliesst, und die Lage der von den Blumen gebildeten Glocken beim Mai- und Schneeglöckchen, sowie beim Alpenglöckchen *(Soldanella)* und der gemeinen Glockenblume *(Campanula)*, zeigt ohne weiteres die Krone als Schirmdach der inneren Organe gegen Regen und Unwetter. Es wird daher bei den genannten Blumen auch fast nie der Pollen durch Regen zerstört, während bei unseren Obstbäumen, beim Getreide, bei den Pappeln und Weiden und anderen Bäumen, die weniger vortheilhaft gebaute Blüthen besitzen, oft der grösste Theil der Blüthen infolge von andauerndem Regen keine Früchte ansetzen. Diesem entsprechend ist auch die Zahl der Blüthen bei den genannten Pflanzen eine oft enorm grosse, damit doch wenigstens ein Theil zur Fruchtbildung gelangt.

Den Blüthenhüllen kommen aber auch noch andere wichtige Functionen zu, deren Betrachtung später folgen wird.

Zunächst wollen wir uns die Einrichtung der Staubgefässe und des Fruchtknotens etwas näher ansehen.

Jedes Staubgefäss besteht aus zwei Theilen, dem Staubfaden und dem Staubkölbchen, welches letztere aus zwei seitlich miteinander verbundenen länglichen Säckchen, Staubbeutel genannt, bestehen, die an der Spitze des Staubfadens stehen. Jeder Staubbeutel enthält zwei längliche Höhlungen, die sich schliesslich, sei es durch einen Spalt oder durch ein Loch an der Spitze, oder durch Klappen, öffnen. Zur Zeit der Reife sind nun die Höhlungen ganz mit rundlichen, sehr kleinen Körnern (0·03—0·14 Millimeter dick) erfüllt, welche Pollen oder Blüthenstaub genannt werden. Jedes Pollenkorn besteht nun aus einer bis wenigen Zellen. Die Pollenkörner sind entweder glatt und so leicht von einander zu trennen, dass sie schon durch einen leichten Stoss aus dem Staubbeutel in Form einer kleinen Wolke herausgeschleudert werden können, oder aber sie kleben durch feine Oeltröpfchen, die an ihrer Oberfläche haften, mehr weniger zusammen. Schüttelt man einen blühenden Zweig der Pappel, Eiche oder Haselnuss, so erscheint er momentan von einer Pollenstaubwolke eingehüllt, während z. B. ein blühender Apfel- oder ein Rosskastanienbaum auch durch den heftigsten Windstoss zu einer solchen Pollenentleerung nicht veranlasst werden kann.

Noch auffallender ist das Zusammenhaften der Pollenkörner bei unseren Orchideen oder Knaben-

kräutern, wo sie zu Päckchen verwachsen sind, die selbst wieder durch elastische Fäden mit einander verbunden sind, so dass es nicht gelingt ein Päckchen Pollen zu entfernen, ohne den gesammten Inhalt eines Pollensäckchens mitzunehmen.

Fig. 1.

A Längsschnitt durch den Fruchtknoten des Buchweizens *(Polygonum Fagopyrum)*; B ebensolcher von dem Stiefmütterchen *(Viola tricolor)*;
po Pollen, *n* Narbe, *g* Griffel, *ps* Pollenschlauch, *i* Integumente, *o o* Ovarium, *e* Embryosack, *s* Samenknospe, *f* Funikulus, *h* Basis des Fruchtknotens.

Betrachtet man nun das zweite wesentliche Organ der Blüthen: den Stempel (Fruchtknoten, Pistill), so sieht man, dass derselbe in der Regel aus drei Theilen besteht. Der unterste, mehr oder weniger angeschwollene und gewöhnlich hohle Theil (der eigentliche Fruchtknoten), setzt sich nach oben in einen häufig faden- oder stielförmigen Theil, der einen feinen Kanal enthält, fort, und welcher Griffel genannt wird. Der Griffel, welcher, wie z. B. beim Mohn, vollständig fehlen kann, endigt nach oben mit der meist zwei- bis mehrlappigen Narbe, welche keinem Stempel fehlt. Der Fruchtknoten entsteht durch Verwachsung von sogenannten Carpellen oder Fruchtblättern. Die Zahl der Carpelle, welche einen Frucht-

knoten zusammensetzen, wechselt von Einem (Erbse, Mandel) bis zu vielen (Seerose, Mohn). Nicht selten enthält eine Blüthe zwei bis viele einzelne kleine Fruchtknoten, von welchen dann jeder seine eigene Narbe besitzt.

In der Fruchtknotenhöhlung sind nun in einfacher bis vielfacher Anzahl kleine, eiförmige Körperchen eingeschlossen, welche, obwohl es keine eigentlichen Knospen sind, Samenknospen genannt werden, da aus ihnen schliesslich die Samen entstehen, welche den Keim enthalten, der nichts anderes ist als eine kleine unentwickelte Pflanze, an welcher man aber meist ganz gut Wurzel, Stengel und Blätter unterscheiden kann.

Die Samenknospen sind mit Hilfe eines Stieles (Faden oder Funikulus genannt) an irgend einer Stelle im Innern des Fruchtknotens befestigt. Sie bestehen aus einem Kerne (Nucellus, Knospenkern), der von einer oder zwei Hüllen oder Integumenten so umgeben ist, dass seine Spitze frei bleibt, so dass man, ohne ein Gewebe zu zerstören, aus der Höhlung des Fruchtknotens zu den Knospenkernen gelangen kann. Sehen wir uns nun den Knospenkern etwas näher an, so finden wir in seinem Inneren, nahe der freien Spitze desselben, eine grosse, meist ovale Zelle, Embryosack genannt, in welcher sechs kleinere Zellen eingeschlossen sind, von denen je drei sich an den entgegengesetzten Polen derselben befinden. Von den drei Zellen, die sich an jenem Pole des Embryosackes befinden, wel-

cher der freien Spitze des Knospenkernes näher liegt, ist nun eine jene Zelle, aus welcher der Keim entsteht; denn jede Pflanze entsteht aus einer einzigen, ausserordentlich kleinen eiförmigen Zelle, welche Eizelle oder das Ei genannt wird.

Es ist nun Thatsache, dass aus dem im Embryosacke befindlichen Ei nur dann eine Pflanze entsteht, wenn auf die Narbe wenigstens ein Pollenkorn fällt. Fällt infolge irgend welcher Umstände auf die Narbe kein Pollenkorn, so verblüht die Blüthe ohne Samen zu entwickeln.

Die Narbe, welche für jede Pflanze eine charakteristische Gestalt besitzt, ist von zahlreichen kurzen Härchen oder Papillen rauh, und ausserdem sondert sie eine klebrige Flüssigkeit aus, so dass Pollenkörner, die mit ihr in Berührung kommen, sofort haften bleiben.

Was geschieht nun mit dem Pollenkorn auf der Narbe? Es verhält sich so wie eine selbstständige Pflanze, von allerdings nur kurzem Dasein; es wächst, indem es einen langen zarten Schlauch treibt, der sich in dem Griffelcanal hinabsenkt und so schliesslich mit einem Samenknospenkern in Berührung kommt. Das Ende des Pollenschlauches verwächst mit der Spitze des Embryosackes, und sobald dies geschehen ist, beginnt sich das Ei weiter zu entwickeln, indem zunächst aus demselben ein rundlicher Gewebskörper entsteht, der schliesslich zum Keime im ruhenden Samen wird.

Nachdem also aus der Eizelle nur dann der Keim entsteht, wenn der Pollen auf die Narbe gelangt, so

müssen Einrichtungen in der Blüthe getroffen sein, welche die Uebertragung des Pollens ermöglichen.

Die Beobachtungen zeigten aber

1. dass Fruchtknoten, welche mit dem eigenen Pollen versehen (bestäubt) werden, viel weniger Samen hervorbringen, als mit Pollen von anderen Exemplaren derselben Art,

2. dass diese Samen bei Selbstbestäubung auch kleiner und leichter sind, und diesem entsprechend sind, und

3. auch die so gewonnenen Pflanzen kleiner, schwächlicher und unfruchtbarer, als jene durch Fremdbestäubung gewonnenen.

Es ist also nicht blos die Bestäubung der Blüthe überhaupt absolut nothwendig zur Samenerzeugung, sondern offenbar die Fremdbestäubung vortheilhaft, so zwar, dass von zwei Individuen derselben Art, jenes, bei welchem ganz oder vorzugsweise Selbstbestäubung zur Anwendung kam, dem anderen mit Fremdbestäubung im Nachtheile ist und schliesslich im Kampfe um's Dasein, den die Pflanzen gerade so kämpfen wie die Thiere, seine Nachkommen zu Grunde gehen müssen.

Wir werden daher in der Natur nicht nur Bestäubungseinrichtungen überhaupt, sondern vorzugsweise Fremdbestäubungseinrichtungen finden.

Die Mittel, durch welche die Natur ihre diesbezüglichen Zwecke erreicht, sind ausserordentlich mannigfaltig. Vor Allem gibt es eine grosse Anzahl von Pflanzen, welche einen wirklich stäubenden Pollen

besitzen, einen Pollen, der zur Zeit der Reife der Staubkölbchen oder Antheren schon durch einen leichten Windstoss in Form einer kleinen Wolke ausfällt. Der betreffende Pollen ist daher ungemein kleinkörnig und leicht, manchmal, und zwar bei der Kiefer, sogar mit einem eigenen Flugapparate, bestehend aus zwei seitlich angehefteten lufterfüllten Blasen, versehen. Man nennt jene Pflanzen, bei welchen die Dislocation des Pollens durch den Wind erfolgt, windblüthige. Sie blühen meist im Frühjahre, wo bekanntlich häufige Winde wehen, und sie erzeugen ungeheure Mengen von Pollen, von welchen nur ein geringer Bruchtheil wirklich auf Narben gelangt. Auch alle anderen Einrichtungen der Blüthen sind so beschaffen, dass ihre Anpassung an Windverstäubung und Kreuzung durch die Wirkung des Windes ganz klar erscheint. So sind die Blüthen häufig ein- oder zweihäusig, wobei in letzterem Falle Kreuzung unvermeidlich ist. Ferner ist der Pollen an seiner Oberfläche trocken und sind die ganzen Blüthen, oder die Blüthenstände (die häufig, z. B. bei der Pappel, Haselnuss, Eiche, sogenannte „Kätzchen“ bilden), oder doch die Staubgefässe (wie bei den Gräsern) sehr beweglich, so dass die Entleerung beim geringsten Windstosse erfolgt. Damit die Narbe womöglich ein Korn erhaschen könne, ist sie möglichst breit oder mit besonders langen Haaren (Fanghaaren) versehen. Das erstere ist sehr auffallend beim Nussbaum, das letztere bei den Gräsern der Fall. Offenbar ist es für die Windblüthler vortheilhaft, wenn Narben

und Staubgefässe möglichst offen und frei liegen. Es werden daher freilich auch viele Blüthen durch Regen, Schnee und Hagel zerstört, weil Pollen und Narbe gegen Benetzung sehr empfindlich sind. Um dem abzuhelfen, sind möglichst viele Blüthen vorhanden, damit, wenn noch so viele der Zerstörung anheimfallen, ihrer noch genug übrig bleiben. Keine Pflanze, welche nur wenige Blüthen besitzt, ist an die Vermittlung des Windes angepasst. Da durch die Laubblätter die Anwehung des Pollens leicht verhindert oder doch erschwert wird, so blühen viele Windblüthler schon vor dem Laubausbruche, oder doch gleichzeitig mit diesem. So die Eiche, Haselnuss, Pappel und andere.

Ist bei einer Anemophilen oder windblüthigen Pflanze die Blüthe zwitterig oder einhäusig, so zeigt sich eine andere merkwürdige Einrichtung zur Verhinderung der Selbstbestäubung. Es blühen nämlich Narbe und Staubgefässe einfach zu ungleicher Zeit auf. Wenn z. B. beim Igelkolben *(Sparganium)* die Narben schon längst offen und reif sind, erscheinen die darüber stehenden Staubblüthen derselben Pflanze noch ganz geschlossen. Es müssen daher die ersteren von anderen Exemplaren her bestäubt werden. Sind endlich auch die Staubgefässe reif, so sind die Narben schon längst mit fremdem Pollen belegt.

Man nennt Pflanzen, deren Staubgefässe oder Staubblüthen vor den Fruchtblüthen oder Narben reifen, protandrisch, während, wenn wie bei den apfelblüthigen Gewächsen, beim Igelkolben, beim Osterluzei

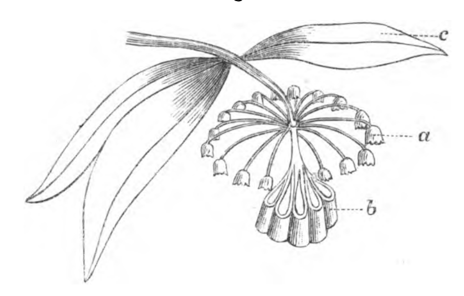
und andern, zuerst die Narben aufblühen, die Pflanzen oder deren Blüthen protogynisch genannt werden. Die Mehrzahl der windblüthigen Pflanzen sind nun in höchst wirksamer Weise protogynisch.

Viel complicirter und merkwürdiger sind jene Blüthen gebaut, welche durch Thiere, namentlich Insecten oder Vögel, bestäubt werden. In Mitteleuropa gibt es zwar nach den bisherigen Beobachtungen keine Blüthen, welche der Vermittlung der Vögel bedürfen, umso häufiger sind jene jedoch in den heissen Gegenden. Die Kolibris und Honigvögel, von welchen die ersteren in der neuen, die letzteren in der alten Welt leben, spielen bei vielen, besonders bei grossblumigen Pflanzen, eine hervorragende Rolle. Beide leben vom Honig der Blüthen und von kleinen Insecten, wie sie so häufig im Grunde der Blüthen anzutreffen sind. Beide haben lange Zungen, die an der Spitze häufig gespalten oder pinselig behaart sind, und mit welcher sie eben so Honig naschen, wie die Schwärmer unter den Schmetterlingen, denen sie auch im Fluge höchst ähnlich sehen. Betrachte man zum Beispiel die auf nachstehender Seite beigegebene Zeichnung (Fig. 2) von einem Blüthenzweige der *Marcgravia nepenthoides* in Nicaragua.

Man sieht, dass die kleinen unscheinbaren Blüthen, die auch keinen Honig besitzen, in einem Kreise stehen und dabei wie vom Rande eines Schirmes herabhängen. Der Stiel des Schirmes wird nun von der Verlängerung der Blüthenachse nach unten gebildet und trägt am unteren Ende, in geeigneter Entfernung

von den Blüthen, eine Anzahl von Honigschälchen, so zwar, dass, wenn ein Kolibri die Lockspeise erreichen will, er mit dem oberen Theil des Kopfes die Blüthen unwillkürlich streift, auf diese Weise Pollen entführt, der bei der nächsten Blüthendolde den Narben zu Gute kommt. Es ist also die Einrichtung so getroffen, dass

Fig. 2.



Marcgravia nepenthoides, ein Vogelblüthler aus Nicaragua.

a eine der schirmförmig angeordneten Blüthen, *b* aus mehreren Abtheilungen bestehendes gemeinschaftliches Nectarium des Blüthenstandes, *c* Laubblätter.

der saugende Vogel, ohne es zu wollen oder zu wissen, die Kreuzung bewirkt.

Man sieht, dass dazu eine Lockspeise nöthig ist. Ebenso ist es nun bei den insectenblüthigen Pflanzen der Fall. Die Blüthe muss den kreuzenden Insecten etwas bieten, damit diese kommen. Schon der in der Regel den Insecten wohlschmeckende Pollen ist eine Lockspeise. Dass sich die Bienen und die Hummeln zum Theile von Pollen nähren, ist allbekannt. Weniger

bekannt ist es, dass der grösste Theil des Bienenwachses vom Pollen, und zwar von seiner äussersten Schichte (der Cuticula), herrührt. Auch die Käfer fressen den Pollen. Jene Blüthen, welche den Insecten Pollennahrung bieten, die also einen wohlschmeckenden Pollen besitzen, erzeugen viel grössere Mengen davon, als zum Zwecke der Bestäubung nothwendig wäre, was ganz wohl verständlich erscheint.

Manche Blüthen erzeugen eigene wohlschmeckende Auswüchse auf den Blumenblättern, welche den Insecten dargeboten werden. Andere liefern ihnen Harze als Klebstoffe zum Nestbaue u. s. w.

In der Regel jedoch ist es eine zuckerhaltige, Nectar genannte Flüssigkeit, welche von den Blüthen an irgend einer Stelle ausgeschieden und von den Kerfen gesaugt wird, ein Beweis, dass der Wohlgeschmack des Süssen durch das ganze Thierreich verbreitet ist. Bald ist es eine kleine Grube an den Blumenblättern, welche als Nectarium Honig ausscheidet (Lilie), bald dient zu gleichem Zwecke eine dicke Scheibe auf oder unter dem Fruchtknoten (Petersilie, resp. Schuppenwurz), bald eine spornartige Verlängerung der Blumenkrone (Veilchen, Knabenkraut, Rittersporn, Akelei). Kurz, fast jede beliebige Stelle in der Blüthe kann im einzelnen Falle als Nectarium dienen.

Häufig liegt nun der Honig so versteckt in der Blüthe, dass ihn die Insecten gar nicht finden könnten, wenn sie nicht durch den ganzen Bau der Blüthen dazu geleitet würden. Zu dem Ende sind die meisten

Blüthen so gebaut, dass das Insect gezwungen ist sich in einer bestimmten Stellung auf die Blüthe zu setzen. So setzen sich die Insecten gewöhnlich auf die Unterlippe der Lippenblüthen. Bei der Rosskastanie ist das Insect gezwungen, sich auf die weit vorstehenden Staubgefässe zu setzen und so in allen Fällen eine solche Lage einzunehmen, welche für das Honigsaugen, sowie für die Kreuzungsvermittlung am günstigsten ist. Jede Blüthe besitzt daher eine Anflugstelle für die Insecten, welche mehr oder weniger deutlich entwickelt ist.

Die Richtung, nach welcher hin die Nectarmasse zu suchen ist, ist gleichfalls auf der Blüthe vorgezeichnet durch Wegmarken gleichsam, welche Saftmale genannt werden. Es sind helle oder dunkle Flecke oder Striche, welche so angeordnet sind, dass ihr Zweck, das Insect zum Honig hinzuleiten, unverkennbar ist. Ausgezeichnete Saftmale haben z. B. das Veilchen, der Ziest, die Knabenkräuter etc.

Die Insecten wollen aber auch schon von der Ferne angelockt sein, was durch möglichst grosse und auffallende Blumenblätter, sowie durch den Geruch, der namentlich in der Dämmerung und Nachts sehr wirksam ist, geschieht. In der That gibt es eine ganze Reihe von Pflanzen mit bei Tage wenig auffallenden Blüthen (Geissblatt, Nachtviole, Silene nutans), welche tagsüber nur wenig von Insecten besucht werden und fast geruchlos sind, des Abends und Nachts aber von Schwärmern und Nachtfaltern wegen ihres nun intensiven, meist hyacinthenartigen Geruches besucht werden.

Die Insecten haben nicht nur einen sehr feinen Geruch, so dass sie einzelne Blüthen weithin riechen, sondern auch einen ausgeprägten Farbensinn. Man sieht nicht selten kleine Fliegen sich am Farbenspiele in der Sonne glänzender Blüthen erfreuen.

Wenn der Blüthenstaub an den Insecten haften soll, so muss er rauh und etwas klebrig sein, und müssen auch die Insecten dazu angepasst sein, also etwa ein entsprechendes Haarkleid besitzen. Alle diese Eigenschaften sind an Blüthen und Insecten wohl entwickelt. Die Klebrigkeit wird meist durch kleine gelbliche Oeltröpfchen bewirkt, die auch verhindern, dass der Blüthenstaub durch Wind und Wetter aus dem Staubgefässe entführt wird.

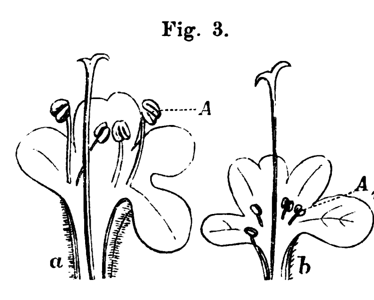
Man sieht also, dass wenigstens in den exquisiten Fällen, von welchen einige später an der Hand von Abbildungen zur näheren Darstellung kommen sollen, die ganze Blüthe in allen ihren Theilen so eingerichtet ist, wie es nothwendig ist, damit eine möglichst sichere Fremdbestäubung durch Insecten eintreten könne. Die Insecten werden durch Farben, wohlriechende Stoffe und Honig zu den Blüthen gelockt und dann durch Anflugstellen und Saftmale so geführt, dass sie nothwendigerweise, aber unbewusst, das Fremdbestäubungsgeschäft vollführen.

Zu diesen Verhältnissen, welche in unmittelbarem Zusammenhange mit der Insectenvermittlung stehen, kommen aber noch einige andere, die überhaupt im

Dienste der Kreuzbestäubung stehen und zum Theile nur bei insectenblüthigen Pflanzen entwickelt sind.

So sind viele derartige Blüthen entweder ganz zweihäusig oder doch dem Wesen nach. Ganz zweihäusig ist die von Schwärmern besuchte Lichtnelke *(Lychnis dioica)*, bei welcher die einen Exemplare nur Staubblüthen und die anderen nur Fruchtblüthen besitzen, wodurch die Kreuzung zur absoluten Nothwendigkeit wird. Der Thymian hingegen ist, wie man sagt, gynodiöcisch. (Fig. 3.) Wenn man nämlich eine Anzahl von Thymianstöcken untersucht, so findet man, dass etwa die Hälfte dieser Stöcke gewöhnliche zwitterige Blüthen besitzt mit wohlentwickelten Staubgefässen und Narben, während bei den übrigen die Staubgefässe verkümmert sind und keinen Pollen führen. Es ist daher klar, dass wenigstens bei den letzteren Stöcken eine Fremdbestäubung nothwendig und unvermeidlich ist. Ebenso verhalten sich zahlreiche Lippenblüthler.

Fig. 3.

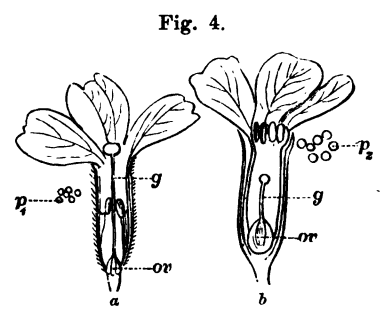


Gemeiner Thymian *(Thymus vulgaris)*.
Gynodiöcische Pflanze. *a* zwitterige Blüthe, *b* weibliche Blüthe, *A* volle, *A*, verkümmerte Staubgefässe.

Das ungleichzeitige Aufblühen von Narbe und Staubgefässen in derselben Blüthe oder auf derselben

Pflanze ist ebenfalls eine Erscheinung, die bei den insectenblüthigen Pflanzen sehr verbreitet ist und der Fremdbestäubung Vorschub leistet. So ist die Kornblume anfänglich nur mit reifem Pollen versehen und erst später, wenn der Pollen zum grössten Theile durch die Insecten entführt ist, blühen die Narben auf. Die Kesselfallenblume *(Osterluzei, Aristolochia Clematitis)* blüht zuerst mit den Narben und dann erst mit den Staubgefässen auf, verhält sich also umgekehrt wie die Kornblume, die zugleich den gewöhnlich vorkommenden Fall repräsentirt.

Fig. 4.



Stengellose Himmelsschlüssel *(Primula acaulis)*.

Zwei Blüthen längs durchschnitten; *a* lang-, *b* kurzgriffelige Form, *g* Griffel, *o o* Fruchtknoten, p_1 Pollenkörner der Form *a*, p_2 Pollen der Form *b*.

Auch die sogenannte „Ungleichgriffligkeit" stellt eine eigenthümliche Art von Zweihäusigkeit dar. (Fig. 4.) Sie besteht darin, dass verschiedene Exemplare derselben Art verschieden lange Griffeln und Staubgefässe besitzen, mit welchem Formunterschiede aber auch physiologische Eigenheiten Hand in Hand gehen. Betrachtet man z. B. eine gewöhnliche, stengellose Himmelsschlüssel *(Primula acaulis)*, so findet man bei allen Blumen d e s s e l b e n Exemplares den

gleichen Blüthenbau; vergleicht man aber verschiedene Individuen mit einander, so bemerkt man alsbald, dass bei der Himmelsschlüssel zweierlei Arten Blumen vorkommen. Manche haben einen langen Griffel, so dass die rundliche langhaarige Narbe von oben gesehen sofort sichtbar wird, während die fünf kurzen Staubgefässe tief in der Röhre angebracht sind, bei anderen sind aber die fünf Staubgefässe so angebracht, dass sie aus der Kronenröhre ragen, während die Narbe tief in der Röhre versteckt ist. Zugleich zeigt sich, dass die langfädigen Staubgefässe einen sehr grosskörnigen Pollen und die kurzfädigen einen kleinkörnigen besitzen.

Ganz ähnlich verhalten sich nun auch die meisten anderen Primeln, das Lungenkraut, die Ochsenzunge und andere.

Wenn man nun die Narben einer langgriffeligen Primel mit Pollen belegt, so erhält man, wie namentlich Darwin gezeigt hat, nur dann Samen von der Pflanze, wenn der angewendete Pollen von einem langen Staubgefässe herrührt, während umgekehrt eine kurzgriffelige Primel nur auf einem ebenfalls von einem kurzen Staubgefässe herrührenden Pollen Samen erzeugt. Es sind daher die Pollen der eigenen Blüthen bei diesen verschiedengriffeligen Pflanzen ganz wirkungslos und letztere daher ganz auf Fremdbestäubung angewiesen.

Es gibt auch Pflanzen, wo nicht blos zweierlei, sondern dreierlei zwitterige Blüthen auf verschiedenen

Exemplaren vertheilt vorkommen. (Fig. 5.) Hieher gehört z. B. der in sumpfigen Gegenden häufige Weiderich *(Lythrum Salicaria)*. Die Blüthen dieser Pflanzen besitzen zwölf Staubgefässe, von welchen sechs kürzer und sechs länger sind; ausserdem ist ein einfacher Griffel vorhanden, der bei verschiedenen Exemplaren drei verschiedene Längen aufweist, so dass es kurz-, mittel- und langgriffelige Weiderich-Exemplare gibt. Die

Fig. 5.

a b c

Sauerkleeart *(Oxalis speciosa)*.

Dreigestaltige Blüthe, von den Hüllblättern befreit; *a b c* lang-, respective mittel- und kurzgriffelige Form. Die Pfeile zeigen an, welcher Pollen auf den verschiedenen Narben am günstigsten wirkt.

kurzgriffeligen haben Staubgefässe, die zum Theil etwa zwei, zum Theil drei Mal so lang sind als der Griffel, so dass also in jeder Blüthe drei Organlängen vorkommen, welche von den Staubgefässen und Stempeln (Griffeln) repräsentirt werden. Dabei sind nur lange Staubgefässe auf langen Stempeln, mittlere auf ebensolchen mittleren Stempeln und kurze auf kurzen von

ausgiebigster Wirksamkeit, während jede andere versuchte Kreuzung ein minderwerthiges Resultat ergibt; ein Verhalten, das offenbar auch nur im Dienste der Fremdbestäubung steht.

Bevor wir nun zur Besprechung von einigen Specialfällen übergehen, sei noch auf den Umstand hingewiesen, dass auch in jenen Fällen, wo die Fremdbestäubung z. B. infolge von Insectenmangel ausbleibt, häufig Einrichtungen getroffen sind, die den Erfolg einer schliesslichen Samengewinnung haben.

Diese bestehen theils in dem Auftreten von sogenannten geschlossenblüthigen Blüthen (cleistogame Blüthen), theils indem in der anscheinend schon verblühten Blume doch noch eine nachträgliche Bestäubung infolge z. B. von Wachsthumsbewegungen von Griffel oder Narbe (wie bei den Glockenblumen) eintritt.

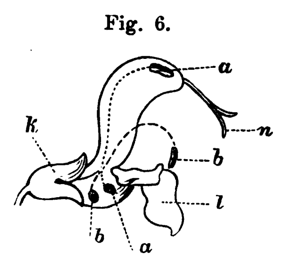
Cleistogame Blüthen finden sich neben offenen bei vielen Pflanzen. So bei den Veilchen, beim Sauerklee, beim Bienensaug und anderen. Wenn z. B. beim Sauerklee *(Oxalis Acetosella)* die offenen Blüthen halbreif sind, so findet man ganz kleine geschlossen bleibende Blüthen, welche sich versteckt nahe dem Boden zeigen. Oft zeigt sich, dass bei diesen Blüthen der Pollen, der zudem äusserst spärlich entwickelt ist, die Staubbeutel gar nicht verlässt und daher von letzteren aus direct in die Narbe die Pollenschläuche treibt.

Indem wir nun zur Besprechung von einzelnen besonders lehrreichen Beispielen von Insectenbestäu-

bung übergehen, beginnen wir mit dem gewöhnlichen Wiesensalbei *(Salvia pratensis)*. (Fig. 6.)

Die Blüthentraube dieser gemeinen Wiesenpflanze fällt durch ihre dunkelblaue Färbung, welche ebenso wie der Geruch der ganzen Pflanze als Lockmittel dient für die Insecten, auf. Betrachtet man eine Blüthe näher, so sieht man, dass sie einen Kelch, der zweilippig, fünfzähnig und kurzglockig ist, ferner eine zweilippige Krone, an deren Rand man fünf Lappen unterscheiden kann, von welchen drei auf die Unterlippe fallen, besitzt. Die grosse, auffallende Unterlippe, die in ihrer ganzen Breite vor dem auf die Blüthe zufliegenden Insecte daliegt, dient Letzterem (in der Regel eine Biene oder ein Hummel) als Sitzplatz, Anflugstelle. Im Grunde der Blumenkronenröhre sitzt der aus vier rundlichen Theilen bestehende Fruchtknoten, aus dessen Mitte sich der lange dünne Griffel erhebt, welcher, der Rückenfurche der seitlich zusammengepressten Oberlippe folgend, noch weit über diese herausragt und mit spitzen Narben endigt. Höchst eigenthümlich sind die Staubgefässe gebaut. Während fast sämmtliche anderen Labiaten oder Lippenblüthler vier Staubgefässe besitzen,

Fig. 6.



Wiesensalbei *(Salvia pratensis)*.

K Kelch, *l* Unterlippe der Blumenkrone, *n* Narben, *a a* Staubgefässe in der Lage vor und nach einem Insectenbesuch, *b b* dasselbe während demselben.

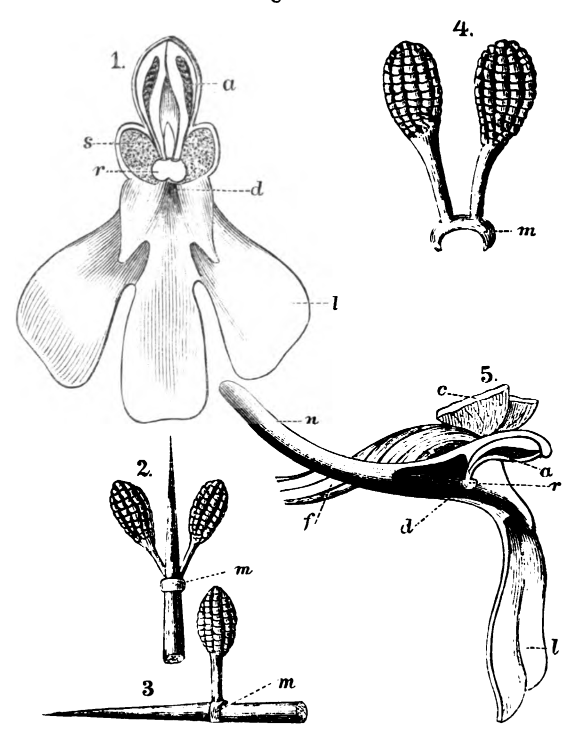
zeigt der Salbei deren nur zwei, sowie auch der Rosmarin und Lycopus. Der Staubfaden, welcher der Blumenkronröhre eingefügt ist, ist ganz kurz; auf demselben ist ein ungleicharmiger, halbkreisförmig gebogener Querbalken leicht beweglich befestigt (der dem Connective der gewöhnlichen Staubgefässe entspricht) und an dem oberen, in der kapuzenförmigen Oberlippe der Blumenkrone verborgenen Ende einen zweifächerigen Staubbeutel trägt (der also für gewöhnlich unsichtbar ist), während das untere Ende, welches mit seinem Nachbar verwachsen ist, in Form einer Platte den Eingang in die Blumenkronenröhre verschliesst. Sobald nun das Insect durch das rothe Saftmal in die Nähe des Honigs geführt wird, der sich im Grunde der Röhre befindet, und dann durch den Geruch des Nectars zur Einführung des Rüssels in die Röhre veranlasst wird, stösst es an jene Connectivplatte, welche den kürzeren Hebelarm der Staubgefässe darstellt. Die Platte wird nun hinabgedrückt, es schnellt indessen der längere Hebelarm hervor und berührt die Biene oder Hummel währenddem sie nun saugt am Rücken, wo sie stark behaart ist. Nun zieht sich das Insect zurück, in Folge dessen die Staubgefässe wieder in ihre alte Lage zurückschnellen und das Spiel mit einem anderen honigsaugenden Thiere vom Neuen beginnen kann. Kommt nun ein solches, das schon bei einer anderen Salbeipflanze war, senkrecht auf die Unterlippe dahergeflogen, so streift es den bestäubten Rücken an der weit vorstehenden Narbe ab, diese mit fremdem Pollen belegend,

um sich dann unmittelbar darauf, Honig saugend, mit neuem Pollen am Rücken, allerdings unwissentlich oder doch nicht absichtlich, zu versehen.

Es ist klar und geht sowohl aus der Beschreibung wie aus der beistehenden Abbildung hervor, dass beim Salbei Selbstbestäubung ausgeschlossen ist; denn der etwas klebrig zusammenhaltende Pollen kann aus seinem Verstecke in der Oberlippe nicht heraus und daher nicht zu der weit vorstehenden Narbe. Ferner erscheint es vortheilhaft, dass der Pollen in der Oberlippe auch gegen Regen und Wind gut geschützt ist. Die Oberlippe ist seitlich stark zusammengepresst, da sie auch gegen die auffallende Unterlippe zurücktreten soll. Der Kelch dient der in der Jugend in ihm eingeschlossenen Blume zum Schutze, stützt und festigt die Blumenkronenröhre, namentlich während der Belastung durch ein Insect, zur Zeit der Blüthe, und schliesst sich endlich nach der Blüthe, die sich entwickelnde Frucht bedeckend. Auch der Honig wird durch den Kelch während der Blüthezeit versteckt und so vor Raub von der Seite aus — also vor unberufenen Gästen — bewahrt. So ist die ganze Einrichtung der Salbeiblüthe, so weit sie menschlicherseits zu beurtheilen ist, äusserst vortheilhaft ausgebildet und kann es nur eine Deutung derselben geben.

Gehen wir nun zur Besprechung eines anderen Falles über. Ganz eigenthümlich und bemerkenswerth verhalten sich unsere Orchideen oder Knabenkräuter. Sehr genau studirt sind die diesbezüglichen Verhält-

Fig. 7.



Pyramidenförmiges Knabenkraut *(Orchis pyramidalis)*.

1. Blüthe, deren fünf obere Blumenblätter abgeschnitten sind, von vorne gesehen; *5.* dasselbe von der Seite, und der Länge nach geöffnet; *2. 3. 4.* der Polleninhalt frei und auf einer Nadel befestigt; *a* Anthere, *s* Narbe, *d* Eingang in den Sporn *n*, *r* rostellum, in dem die Klebscheibe *m* enthalten ist, *f* Fruchtknoten, *l* Unterlippe.

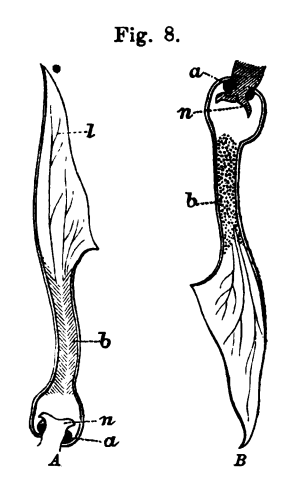
nisse bei *Orchis pyramidalis,* dem sogenannten pyramidenförmigen Knabenkraute, einer nicht seltenen Wiesenpflanze. In der nebenstehenden Abbildung sind nach Darwin die wesentlichen Bestandtheile der Blüthe von *Orchis pyramidalis* gezeichnet. Von den sechs Blumenblättern sind alle (Fig. 5 bei *c*) weggeschnitten, mit Ausnahme der Unterlippe *l*, welche als Anflugstelle fungirt. Kriecht das Insect auf der Lippe vorwärts, so gelangt es zum Punkte *d*, wo sich der Eingang in den sogenannten Sporn der Unterlippe befindet, der eine röhrenförmige, an der Spitze geschlossene, mit Nectar gefüllte Verlängerung der Unterlippe darstellt. Der Fruchtknoten (Fig. 5, *f*) ist, wie man aus der Zeichnung ersieht, unterständig und seilförmig gedreht. Staubgefässe, Griffel und Narbe sind mit einander zu einem Ganzen, Griffelsäule genannt, verbunden und verwachsen. Aus der Zeichnung ist die gegenseitige Lage der Theile zu erkennen. Wie die meisten Orchideen zeigt auch unsere Art nur ein Staubgefäss, dessen beide Staubbeutelhälften von einander getrennt sind, und die mit der Narbe *s* verwachsen sind. Die Pollenkörner sind nicht frei, sondern zu kleinen Päckchen (Massulae genannt) verwachsen, die ihrerseits wieder durch eine klebrige (viscinartige) Substanz zusammenhängen, so dass man z. B. mit einer Nadel die ganze Pollenmasse auf einmal herauslösen kann. Obwohl die beiden Hälften des Staubbeutels ganz von einander getrennt sind, so hängen doch die beiden Pollenmassen unten (bei *r* Fig. 1) in der in Fig. 4 gezeichneten Weise

zusammen. Zu beiden Seiten dieser Verbindungsbrücke, welche sich in dem Vorsprunge *r* (Rostellum) befindet, liegen die beiden Lappen der Narbe (Fig. 1, *s* stigma). Der in Fig. 4 gezeichnete Verbindungssattel *m* ist sehr klebrig und wird daher auch Klebscheibe genannt, nachdem er nicht selten scheibenförmig entwickelt ist. Legt man nun eine stumpfe Nadel oder eine Borste auf den oberen Theil der Unterlippe, wo dieselbe (unterhalb *d*, Fig. 1) eine Mittelfurche aufweist, und drückt das stumpfe Ende etwas an, so gleitet dasselbe ohne weiteres in den Sporn, der als Nectarium mit Honig erfüllt ist. Bei dieser Gelegenheit aber muss die Nadel durch den engen Canal *d* (Fig. 5), welcher oben durch das Rostellum begrenzt wird. Schon die leiseste Berührung genügt, um die Klebscheibe, welche von der sehr dünnen Haut des Rostellums umschlossen wird, freizulegen, und fährt man nun mit der Nadel oder Borste wieder zurück, so nimmt diese, wie Fig. 2 und 3 zeigen, die beiden Pollenmassen mit sich fort. Zunächst stehen letztere, wie in Fig. 3 abgebildet, aufrecht; alsbald legen sie sich jedoch nach vorne um (siehe Fig. 2). Benützt man dieselbe Nadel oder Borste in der angegebenen Weise bei einer anderen Blüthe, so kommen die beiden Pollenmassen gerade auf die beiden Narbenlappen (Fig. 1, *s*) zu stehen und bleibt ein Theil derselben auf ihnen kleben. Ganz dasselbe, was nun mit einer Nadel geschieht, findet auch mit dem Rüssel z. B. eines Schmetterlinges oder einer Hummel statt, und manchmal findet man Insecten, deren Rüssel eine

ganze Reihe von Pollensäcken von Knabenkräutern aufweisen.

Bei vielen ausländischen Orchideen sind die Einrichtungen viel complicirter und merkwürdiger. So sind die Blüthen von *Pterostylis longifolia* in Australien wahre Insectenfallen. Sobald sich nämlich ein Insect auf die Unterlippe setzt, schliesst sich die Blüthe momentan und bleibt das Insect nun ein bis zwei Stunden gefangen. Bei dieser Gelegenheit findet dann auch in Folge weiterer Einrichtungen die Bestäubung durch das gefangene Insect statt. Eine äusserst vollkommene Blütheneinrichtung besitzt der Osterluzei *(Aristolochia Clematitis)* (siehe Fig. 8), dessen Blüthen wegen ihres eigenthümlichen Verhaltens Kesselfallenblumen genannt werden. Sie sind gelb gefärbt und stehen am Stengel in auffallenden Quirln. Sie besitzen einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch, der vermuthlich die Insecten anlockt. Wie man aus beistehendem Bilde ersieht, besitzt die röhren-

Fig. 8.



Kesselfallenblume oder Osterluzei ***(Aristolochia Clematitis).***

A eben geöffnete, weibliche, *B* im Verblühen begriffene, männliche, hängende Blüthe. Jede Blüthe ist zuerst weiblich und dann männlich; *l* Lippe (Anflugstelle), *b* Hals, *n* Narbe, *a* Staubbeutel.

förmige Blüthe eine trompetenförmige Mündung, einen schmalen Hals *b* und eine rundliche Erweiterung, in der sich Narben und Staubgefässe befinden. Die frisch aufgeblühte Blume steht aufrecht (wie die Abbildung *A*, links) und zeigt den ganzen engen Halscanal mit steifen Haaren, die schief nach einwärts stehen, ausgekleidet. Die kleinen Fliegen, welche die Osterluzeiblüthen, durch Farbe und Geruch angelockt, aufsuchen, kommen auf die auffallende Lippe *l*, welche als Anflugstelle dient, zu sitzen und kriechen nun, durch die nach abwärts gekehrten Borsten nicht behindert, bequem in den Kessel, der Narbe und Pollen enthält. So lange die Halsborsten steif sind, können sie aus diesem Kessel nicht heraus; sie kriechen daher unruhig herum und belegen dabei unwillkührlich die zuerst aufblühende Narbe mit Pollen, den sie auf ihrem Haarkleide mitbrachten aus einer anderen Blüthe. Ist die Narbe belegt, so öffnen sich nun auch die Pollensäcke *a*, welche sich unter der Narbe *n* befinden, und die Fliege versieht sich mit neuen Pollenmassen. Nun fängt die Blüthe an zu welken; die Halsborsten vertrocknen, die Blüthe sinkt nach abwärts und das Insect vermag nun durch den freien Hals seinen Ausweg zu finden, um etwa dasselbe Spiel mit einer andern Blüthe zu beginnen.

Nicht immer ist es die einzelne Blüthe, welche für sich alle Einrichtungen besitzt, die zur erfolgreichen und sicheren Fremdbestäubung führen. Häufig sind zahlreiche Blüthen zu einem grösseren, den Insecten

durch Farbe und Geruch auffallendem Apparate zusammengestellt, in welchem den einzelnen Blüthen, wenigstens dem Grade nach, eine verschiedene Function zukommt. Betrachtet man z. B. eine Dolde von der gelben Rübe *(Daucus Carota)*, so sieht man in der Mitte eine dunkelrothe Blüthe, welche von zahlreichen kleinen weissen, unscheinbaren, fruchtbaren Blüthen umgeben ist, von welchen die äussersten wieder etwas grösser sind und so mehr in die Augen springen. Offenbar dienen diese äusseren, sowie die mittlere Blüthe als Anlockungsmittel für Insecten und verhält sich in gewisser Beziehung die ganze Dolde so wie eine einzelne Blüthe.

Noch auffallender ist dieses Verhältniss bei den Compositen oder Korbblüthlern. Eine Kornblume z. B. erscheint oberflächlich betrachtet als eine einzelne Blüthe, während sie in der That ein ganzer Blüthenstand ist, der aus zahlreichen Blüthen besteht. Die äusseren Blüthen (Strahlblüthen) bilden den Strahlenkranz der Köpfchen; sie sind ganz unfruchtbar und haben thatsächlich nur den Zweck, das Blüthenköpfchen auffallend zu machen und so die Insecten herbeizulocken. Die unscheinbaren inneren Blüthen des Köpfchens sind zwitterig und haben zur Erzielung der Fremdbestäubung verschiedene, zum Theile höchst merkwürdige Einrichtungen, von denen hier nur die erwähnt sein mag, dass die Blüthen zunächst nur Pollen entwickeln bei geschlossener Narbe und erst nachträglich die Narbe öffnen, wodurch Fremdbestäubung zur Nothwendigkeit wird.

In ähnlicher Weise, wie dies hier bei einigen Arten geschildert wurde, sind nun die meisten Pflanzenarten mit Blüthen ausgestattet, die sei es einfachere, sei es complicirtere Einrichtungen zum Zwecke der Fremdbestäubung besitzen.

Bevor die Naturforschung, namentlich durch Darwin's diesbezügliche Studien angeregt, die biologische Seite der Physiologie mehr und mehr ins Auge fasste, erschienen uns alle die so verschiedenen Formen der Organismen als ebenso viele Räthsel, zu deren Lösung jede, selbst die geringste Handhabe fehlte. Wie sollte auch der Chemiker oder der Physiker die Formen erklären, soweit sie nicht auf Krystallisation beruhen? Die einzige mögliche, nicht biologische Erklärung der Formen würde auf Stoffverschiedenheiten beruhen. Wenn jede Form besondere Stoffe aufweist, d. h. aus anderen chemischen Verbindungen zusammengesetzt ist, dann ist es auch einigermassen verständlich, warum sie von einander verschieden sind; denn offenbar wird im Allgemeinen jeder chemische Körper eine besondere Form bedingen. Damit aber wäre allerdings nur verständlich, dass die Formen von einander verschieden sind. Warum aber diese Verschiedenheiten die thatsächlich vorhandenen sind, wäre damit nicht erklärt.

Durch die Biologie wird nun, wie wir an einer ganzen Reihe von Fällen sahen, nicht nur erklärt, dass die Formen verschieden sein müssen, sondern auch, wieso die bestehenden Formen entstanden. Heutzutage,

wo die zahlreichen chemischen Analysen von Pflanzen immer mehr und mehr die Ueberzeugung aufdrängen, dass die chemischen Unterschiede der Pflanzenleiber zu irgend welchen morphologischen Erklärungen nicht hinreichen, wo man daher der Anschauung mehr und mehr huldigt, dass die Pflanzen im Wesentlichen die gleiche Zusammensetzung aufweisen, lassen sich die verschiedenen Formen nur auf biologischem Wege verstehen. Und jedes Verstehen ist auch ein Erklären. Nehmen wir zu den zahlreichen biologischen Daten noch die Theorie der Artenentstehung von Darwin, so entrollt sich uns ein geschichtliches Bild der Entwicklung der Blüthen- und Insectenformen, wie es schöner, klarer und glanzvoller kaum gedacht werden kann!

Morphologie und Biologie, so grundverschiedene Theile einer Wissenschaft auch beide sind, so kennen beide doch nur ein letztes Ziel, das Begreifen der Form. Und mit diesem ist Alles geleistet, denn der Inbegriff der Form ist das Leben selbst!

Die wichtigere Literatur über die Blütheneinrichtungen mit Rücksicht auf die Insectenbestäubung.

1. H. Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten. Leipzig, W. Engelmann, 1873.
2. — Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insecten, ein Handbuch der Botanik von Schenk. I. Bd., Breslau 1879 (bei Ed. Trewendt).

3. Charles Darwin, Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. (Deutsch von Victor Carus, Stuttgart 1877.)
4. Thomas Belt, The naturalist in Nicaragua, London 1874.
5. Conrad Sprengel, 1793, Das entdeckte Geheimniss der Natur im Baue und der Befruchtung der Blumen.
6. H. Müller, Ueber den Ursprung der Blumen. Im Kosmos, I. Bd.
7. Charles Darwin, Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insecten befruchtet werden. (Deutsch von Victor Carus.)
8. — Die verschiedenen Blüthenformen an Pflanzen derselben Art.
9. A. Kerner, Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste. II. Aufl., Innsbruck 1879.
10. — Die Schutzmittel des Pollens. Innsbruck 1873.
11. — Ueber die Bedeutung der Asyngamie. Innsbruck 1874.
12. Otto Kunze, Die Schutzmittel der Pflanzen. (Gratisbeilage zur bot. Zeitung.) Leipzig, A. Felix, 1877.
13. H. Müller, Die Insecten als unbewusste Blumenzüchter. Im Kosmos, II. Bd.
14. Delpino, Ulteriori Osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Milano 1870.
15. J. Hildebrand, Die Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen etc. Leipzig 1867.
16. Hugo v. Mohl, Ueber cleistogame Blüthen. Botanische Zeitung 1863.

Die Abbildungen sind Originalien von Charles Darwin, Behrens und Herm. Müller entnommen.

Ueber

das Schmarotzen und Zusammenleben im Pflanzenreiche.

Ein Vortrag

gehalten

im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 17. März 1886

von

Dr. Franz Ritter von Höhnel,

Professor an der technischen Hochschule.

(Mit sechs Abbildungen im Texte.)

Wien, 1886.

Selbstverlag des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Die Naturforschung ist schon längst darüber einig, dass ein durchgreifender Unterschied zwischen der Thier- und Pflanzenwelt nicht existirt. So lange die Beobachtung vornehmlich auf dem Gebrauche des unbewaffneten Auges oder schlechter einfacher Mikroskope beruhte, konnte an der Existenz tiefgreifender ja gegensätzlicher Unterschiede zwischen Thier- und Pflanzenwelt nicht gezweifelt werden. Es ist in der That nicht schwierig, eine höher entwickelte Pflanze von einem ebensolchen Thiere zu unterscheiden. Namentlich stellen die Bewegungs- und Empfindungsfähigkeit, ferner die abweichende Art der Ernährung der Thiere Kennzeichen dar, die scheinbar eine principielle Bedeutung haben. Geht man aber in den Reihen der pflanzlichen und thierischen Organismen abwärts, so bemerkt man leicht eine allmälige Annäherung, und schliesslich gelangt man zu Organismen, deren Einreihung in das eine oder andere Reich lediglich von den Gesichtspunkten abhängt, von welchen man ausgeht, aber durchaus nicht durch zwingende Gründe bestimmt wird.

Ein einfaches Beispiel wird dies klar machen. Es gibt eine Gruppe von Organismen, die erst seit etwa 25 Jahren näher bekannt ist, und welche von de Bary, demjenigen, der sie in einem wahrhaft klassischen Werke beschrieben und der wissenschaftlichen Welt näher bekannt gemacht hat, Mycetozoen, das heisst zu deutsch Pilzthiere genannt wurden. Gegenwärtig ist aber dieser Name nicht mehr gebräuchlich, und es werden diese Organismen Myxomyceten, d. i. Schleimpilze genannt. De Bary rechnete diese Lebewesen zu den Thieren, verkannte aber durchaus nicht, dass sie mit Pilzen eine gewisse Aehnlichkeit haben, wie dies schon der de Bary'sche Name „Pilzthiere" andeutet. Später neigte man sich aber der Ansicht zu, dass es doch Pilze seien, daher der spätere Name „Schleimpilze". Es ist klar, dass diese organischen Gebilde weder eigentliche oder sichere Thiere, noch ebensolche Pflanzen sein können, da man sonst nicht wohl im Zweifel hätte sein können über ihre Stellung. Sehen wir uns nun, um uns von dieser Thatsache zu überzeugen, einmal ein solches Pilzthier näher an. Man könnte vielleicht vermuthen, dass dies nicht so leicht möglich sei, da diese zweifelhaften Organismen wohl ausserordentlich klein sind und eben durch diese ihre mikroskopische Kleinheit die Classificationsschwierigkeit geschaffen haben. Allein dem ist nicht so, denn manche Pilzthiere oder Schleimpilze sind so gross, dass sie z. B. Forstleuten oder Lohgerbern ganz wohl bekannt sind, um so mehr, als sie oft durch eine grelle

gelbe oder feuerrothe Farbe in die Augen stechen. Zu diesen allbekannten Formen gehört unter anderen auch die gemeine Lohblüthe *(Aethalium septicum)*, die bei feuchtem Wetter, besonders im Frühjahre, als gelbe, schleimige Masse, die oft in handgrossen Stücken vorkommt, auf alter Lohe in Gerbereien, oder auch in Wäldern, um Forsthäuser, auf Holzplätzen auftritt. Da sie die dunkle Lohe (Gerbrinde) mit ihren schön gelben Massen schmückt und anfänglich in der Lohe verborgen blüthenartig heraustritt, so führt sie ihren bezeichnenden Volksnamen. Beobachtet man eine solche schleimige Blüthe einige Zeit, so bemerkt man leicht, dass sie nicht etwa eine todte Masse darstellt, sondern dass sie lebt, weil sie im Stande ist, sich zu bewegen. Legt man sie auf eine Glasplatte, so kann man ihre, wenn auch nur höchst langsamen Bewegungen mit grösster Sicherheit beobachten. Stellt man die Glasplatte aufrecht, so vermag die Lohblüthe hinaufzukriechen, ganz so wie ein Thier. Legt man auf die Platte ein Stückchen Fleisch, so bewegt sich die Schleimmasse gegen dasselbe hin, überwallt dasselbe, nimmt es auf diese Weise in ihren Körper auf, wo es schliesslich ganz aufgelöst, d. h. verdaut wird. Berührt man die Lohblüthe an einer Stelle mit Draht, so zieht sie sich daselbst langsam zurück. Kurz das ganze Verhalten dieser merkwürdigen Schleimmasse ist ein derartiges, dass man nicht nur schliessen muss, dass sie lebt, sondern auch, dass sie ein Thier ist. Unter geeigneten Umständen, wenn sich die Lohblüthe, welche

in der Natur von den organischen Rindenbestandtheilen lebt, genügend ernährt hat, wenn zugleich auch die Luft im Sommer trockener wird, wird unser Pilzthier starr, nimmt die Form eines festen Kuchens an, und untersucht man schliesslich diesen offenbar pilzartigen Kuchen, so sieht man, dass derselbe aus einer derben Membran, welche zahlreiche staubförmige Sporen, ganz so wie viele zweifellose Pilze (z. B. der Wiesen-Bovisl), enthält, besteht. Wer die Lohblüthe in diesem Zustande sieht, zweifelt keinen Augenblick daran, es mit einem echten Pilze zu thun zu haben. Aus den zahlreichen Sporen dieses „Pilzes“ entwickeln sich aber wieder die thierischen kriechenden und fressenden Schleimmassen. Nun wird es verständlich, wieso die Naturforscher diese Organismen bald zu den Thieren und bald zu den Pflanzen rechnen.

Derartige Organismen gibt es nun sehr zahlreiche, und wenn dieselben heute bald da, bald dort eingereiht werden, so liegen hiefür keine zwingenden Gründe vor, sondern mehr zufällige oder conventionelle.

Alle diese merkwürdigen Organismen haben eine gemeinschaftliche Eigenthümlichkeit, die sie den zweifellosen Thieren nahe führt, sie haben nämlich nicht die Fähigkeit, von anorganischen Körpern zu leben, sondern bedürfen zur Erhaltung ihres Organismus organischer Substanzen. Ein Thier bedarf zur Nahrung solcher Substanzen, welche die Leiber von Thieren oder Pflanzen zusammensetzen, also z. B. Eiweiss, Stärke, Zucker, Cellulose etc. Von jenen Substanzen,

wie sie ausserhalb der Thier- und Pflanzenwelt vorkommen, wie z. B. Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Mineralien etc., vermag ein Thier nicht zu leben. Man könnte nun meinen, dass man durch die einfache Verschiebung der Grenze von Pflanzen- und Thierreich eine grössere Schärfe der Trennung beider erzielen könnte. Allein dies ist nicht der Fall, denn zahllos ist die Menge jener zweifellosen Pflanzen, welche von anorganischen Substanzen nicht leben können. Es kann daher die Ernährungsweise absolut keinen Unterschied zwischen Pflanze und Thier begründen. Lassen wir daher, nachdem wir uns davon überzeugt haben, dass die Trennung der beiden Reiche nach allen Seiten hin auf Schwierigkeiten stösst, die alte Frage nach der Pflanzen- oder Thiernatur eines Wesens bei Seite und halten wir uns nur an eine der vielen Beziehungen, welche bei den Organismen in Betracht kommen, nämlich an die Ernährung, so ergeben sich da viel sicherere Momente, denn es lässt sich immer entscheiden, wie die Ernährung eines Organismus geschieht. Vor Allem zeigt sich da die bedeutungsvolle Thatsache, dass nur jene Organismen sich von anorganischen Substanzen zu ernähren im Stande sind, welche in wenigstens einem Theile ihrer Zellen einen bestimmten grünen Farbstoff, Blattgrün oder Chlorophyll genannt, führen. Es ist dies jener Körper, dem das Laub unserer grünen Pflanze seine Farbe verdankt. Nur solche Zellen, welche Chlorophyll enthalten, können aus Kohlensäure und Wasser, sowie anorganischen Salzen organische Körper erzeugen.

Alle anderen nicht grünen Zellen, Thiere und Pflanzen sind bezüglich ihrer Ernährung auf die Thätigkeit der grünen Zellen und Organismen angewiesen.

Man kann daher mit aller Schärfe sämmtliche Organismen in zwei Gruppen eintheilen:

a) in solche, welche Chlorophyll führen und daher selbst organische Substanzen aus anorganischen neu bilden können, und

b) in solche, welche keine organische Substanz zuzubereiten im Stande sind.

Viel wichtiger in jeder Hinsicht ist diese Eintheilung der Organismen in selbsterzeugende und in verbrauchende als jene in Pflanzen und Thiere.

Von der erzeugenden Thätigkeit der ersteren hängt der ganze Bestand der Organismenwelt ab. Der grosse, allgemeine Kampf ums Dasein wird in grundlegender Weise durch das Zusammenwirken der „erzeugenden“ und „verbrauchenden“ Organismen bestimmt.

Die zweifellosen Thiere sind lauter „Verbraucher“. Die grünen Pflanzen sind „Erzeuger“. Die chlorophyllfreien Pflanzen hingegen verhalten sich so wie die Thiere.

Es gibt aber auch hier Uebergänge, denn es gibt Pflanzen, die erzeugen und verbrauchen, und andere wieder, welche zwar ganz gut von anorganischen Substanzen leben können, die aber doch gelegentlich oder nach Umständen stets auch organische fremde Substanzen verbrauchen.

Betrachtet man z. B. eine Mistel *(Viscum album)*, so sieht man, erstens, dass sie intensiv chlorophyllgrün gefärbt ist; zweitens, dass sie aber trotzdem auf Bäumen wächst oder schmarotzt. Schneidet man sie ab und stellt einen Ast in eine Lösung, welche alle nothwendigen anorganischen Nährstoffe enthält, so geht er zu Grunde. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Mistel auch dem Nährbaume nicht nur die nöthigen anorganischen Salze, sondern auch organisch gelöste Körper entzieht.

Die Mistel erzeugt daher organische Stoffe selbstständig und verbraucht aber trotzdem noch von anderen Pflanzen gebildete.

Etwas abweichend verhalten sich die sogenannten insectenfressenden Pflanzen, wohin z. B. der Wasserschlauch *(Utricularia)*, der Sonnenthau *(Drosera)*, die Kannenpflanze *(Nepenthes)*, die Fliegenfalle *(Dionea muscipola)* und viele andere gehören. Man kann eine Dionea oder eine Drosera bei Ausschluss jeder organischen Nahrung bis zur vollständigen Fruchtreife bringen; wenn man jedoch Insecten oder Fleischstückchen auf die Blätter derselben bringt, so werden sie in irgend einer Weise festgehalten und so wie in einem thierischen Magen verdaut. Es sind daher die insectenfressenden Pflanzen Organismen, die nur gelegentlich organische Nahrung geniessen, aber ganz wohl auch ohne solche vegetiren können.

Es ist klar, dass einerseits die Fähigkeit, sich selbst organische Substanz erzeugen zu können, unter

Umständen Vortheil bietet. Die Herstellung von complicirten und hochzusammengesetzten organischen Verbindungen erfordert aber eine gewisse, und zwar voraussichtlich sehr grosse Leistung, die mit einem grossen Kraft- und Arbeitsaufwand verbunden ist. Es ist aber auch klar, dass dieser Kraftaufwand jenen Organismen, welche keine organischen Substanzen erzeugen können, und da sie eben auch existiren, auch nicht zu erzeugen brauchen, erspart wird, und mithin diesen letzteren auch gewisse Vortheile zukommen. Handelt es sich z. B. um die Besiedelung einer nackten Felswand, so werden nur solche Organismen diese mit Erfolg versuchen, welche sich selbst ihre organische Substanz erzeugen können, da eine solche auf der Felswand nicht vorhanden ist. Steht umgekehrt massenhaft organische Substanz zur Verfügung, so werden jene Organismen, welche sie zu verwerthen im Stande sind, offenbar den übrigen gegenüber im Vortheile sein. Es werden sich daher voraussichtlich im klaren Quellenwasser grüne Algen, in zucker- und eiweissreichen Lösungen farblose Pilze entwickeln, wie dies ja thatsächlich der Fall ist. Es wird daher immer auf die Umstände ankommen, welche Organismen im Vortheile sind, ob die erzeugenden oder blos die verbrauchenden.

Den grössten Vortheil werden aber jene Organismen besitzen, welche beide Arten der Vermehrung ihrer organischen Substanz vereinigen. Wir werden später sehen, in welcher Weise solche Organismen zu Stande kommen.

Im Allgemeinen kann man jeden Organismus, der von lebenden Substanzen sich nährt, also anderen lebenden Organismen seine Baustoffe entzieht, als Schmarotzer bezeichnen.

In diesem weiteren Sinne sind auch die meisten Thiere Schmarotzer, da sie von anderen Thieren oder Pflanzen leben. Gewöhnlich versteht man aber unter Schmarotzern nur solche Thiere oder Pflanzen, welche auf anderen lebenden Organismen leben, sich von letzteren ernährend.

Beschränken wir uns bei der weiteren Betrachtung blos auf das Pflanzenreich, so ist vor Allem zu erwähnen, dass in der Natur alle möglichen Fälle vorkommen, was die Ernährung von vorgebildeten Stoffen anlangt.

Zunächst gibt es echte Schmarotzerpflanzen. Man kann dieselben in zwei Kategorien eintheilen: in solche, welche zugleich Chlorophyll besitzen und mithin auch selbst organische Stoffe zu bilden im Stande sind, und in andere, welche kein Chlorophyll führen.

Blattgrünführende Schmarotzerpflanzen sind z. B. die Mistel (*Viscum album*), welche besonders auf Pappeln, aber auch auf Tannen und Föhren, sowie Eichen wächst, ferner die Riemenblume (*Loranthus europaeus*), die nur auf Eichen und Edelkastanien wächst und in Niederösterreich ihre westliche Verbreitungsgrenze findet. Nicht alle grünen Schmarotzer erscheinen dem Auge ohneweiters grün gefärbt, und ebenso lassen sich auch nicht alle ohneweiters als solche erkennen. Einige Beispiele sollen dies des Näheren zeigen. Eine auf

Wiesen sich häufig vorfindende Pflanze ist der Bergflachs (*Thesium*, mit mehreren Arten). Es ist dies eine unscheinbare, kleine grüne Pflanze mit sehr kleinen grünlichen Blüthen und schmalen einfachen Blättern. Die Pflanze unterscheidet sich in ihrer Ernährungsweise scheinbar nicht wesentlich von den übrigen krautigen Pflanzen, die im Boden wurzeln. Gräbt man sie jedoch vorsichtig aus, so findet man, dass ihre Wurzeln mit Hilfe von Saugnäpfen mit denen von Wiesengräsern verbunden sind, und dass sie daher jedenfalls zum Theile von den organischen Substanzen dieser leben. Während also die gewöhnlichen Wiesenpflanzen ihre organischen Stoffe aus den anorganischen, welche sich in Luft und Boden finden, ganz selbst erzeugen, stehen dem Bergflachse drei verschiedene Quellen, aus welchen derselbe seine Baustoffe bezieht, zur Verfügung: die Luft, der namentlich die Kohlensäure mit Hilfe der Blätter entzogen wird, der Boden, in welchem die gewöhnlichen Wurzeln eingesenkt sind, und drittens die Nährpflanze, aus welcher die Saugwurzeln Nahrung ziehen. Ganz ähnlich wie der Bergflachs verhalten sich auch noch manche andere Wiesenpflanzen. So der Klappertopf *(Rhinanthus)*, die Alpen-Tozzie *(Tozzia alpina)*, die Sommerwurzarten *(Orobanche)*, der Wachtelweizen *(Melampyrum)*, der Augentrost *(Euphrasia)* u. A. Die Sommerwurzarten sind dabei nicht grün, sondern braun. Damit ist aber nicht gesagt, dass sie gar kein Blattgrün führen, sondern es sind nur die geringen Mengen dieses durch grössere

Massen eines braunen Farbstoffes verdeckt. Die Orobanchen beziehen daher ebenfalls ihre Nahrung aus drei verschiedenen Quellen, nur mit dem Unterschiede vom Bergflachs, dass die Mengen von selbsterzeugten organischen Substanzen entsprechend der geringen Quantität des vorhandenen Chlorophylls, auch nur sehr kleine sein können. Es sind daher die Sommerwurzarten offenbar mehr auf ihre Nährpflanzen angewiesen als der Bergflachs.

Zu den grünen Schmarotzern gehören auch viele grüne Algen. So leben in der Wurzel mancher *Pandaneen*, im Stamme von *Gunnera*-Arten grüne Oscillatorien und *Anabaena*-Arten, und auch noch andere derartige Fälle sind bekannt. Ebenso wissen die Sammler von Meeresalgen, dass manche Arten nur auf ganz bestimmten anderen wachsend angetroffen werden, was wohl mit Sicherheit darauf hindeutet, dass auch in der submarinen Pflanzenwelt Parasitismus ebenso zu Hause ist wie in der übrigen.

Während die obgenannten Schmarotzeralgen in Pandaneen, Gunnereen, ferner auch die in den Blättern von *Salvinia*-Arten vorkommenden die Nährpflanzen nicht wesentlich schädigen, noch weniger aber zerstören, gibt es wahre grüne Algen, welche eine ebenso zerstörende Wirkung auf den Wirth ausüben wie viele Schmarotzerpilze. Hieher gehört die Pflanze *Phyllosiphon Arisari*, welche auf den Blättern einer Aron-Art (*Arisarum vulgare* Targ.) Südeuropas lebt und sie zum Absterben bringt.

Bei Weitem grösser und mannigfaltiger ist die Reihe der nichtgrünen Schmarotzer, welche als die Hauptkrankheitserzeuger des Pflanzen- und Thierreiches bezeichnet werden können. Die meisten nichtgrünen Schmarotzer gehören der grossen Abtheilung der Pilze an, und nur wenige sind höhere Pflanzen, welche durch Rückbildung zu Schmarotzern geworden sind. Hieher gehört als echter Parasit die bekannte von den Landwirthen gefürchtete Kleeseide *(Cusenta)*. Auf Klee- und Luzernefeldern sieht man sehr häufig grössere oder kleinere Stellen, welche ganz vergilbt und wie verbrannt aussehen. Die Culturpflanze ist an diesen Stellen durch ein unscheinbares, gelblich bis röthlich gefärbtes, zu der Schlingpflanze gehöriges Gewächs fast ganz zum Absterben gebracht. Die Kleeseide besitzt einen fadenförmigen glatten Stengel, der reichlich verzweigt und mit Hilfe von zahlreichen Saugnäpfen mit der Nährpflanze verwachsen ist. Grössere Blätter fehlen vollständig. Es kann sie die Pflanze entbehren, da sie dieselben nicht so wie die grünen Pflanzen zur Ernährung braucht. Die kleinen und unscheinbaren Blüthen stehen in Knäueln am Stengel. In ähnlicher Weise wie am Klee kommt auch am Leine eine Cusenta vor, die Leinseide *(Cusenta Epilinum)*.

Eine andere dicotyle chlorophyllfreie Pflanze ist der Fichtenspargel *(Monotropa hypopytis)*, der namentlich in Nadelholzwäldern vorkommt und mit kleinen Spargelsprossen eine gewisse Aehnlichkeit besitzt. Während aber die Kleeseide stets nur als Schmarotzer

Cuscuta

wächst, kann der Fichtenspargel eine doppelte Lebensweise führen. Manchmal ernährt sich derselbe nur von Humus und abgestorbenen, im Humus befindlichen Pflanzentheilen, während er häufig auch als echter Parasit den Wurzeln von Waldbäumen aufsitzt, daneben aber auch jedenfalls theilweise von Humus lebt.

Man nennt Pflanzen, die von Humus und von todten organischen Substanzen leben, wie sie sich im Boden befinden, „Saprophyten". Ein reiner Saprophyt ist z. B. die *Orchidea Epizogum* Gmel.; ferner gehören hieher die meisten Pilze oder Schwämme, wie man sie im Freien findet, z. B. der Champignon, der Fliegenpilz u. A.

Man darf sich nicht vorstellen, dass alle Schmarotzerpflanzen nur auf ihren Nährwirth angewiesen sind. Schon der Fichtenspargel ist ein Beispiel dafür, dass eine echte Schmarotzerpflanze auch als Saprophyt auftreten kann. Man hat schon manche in der Natur nur als Parasiten vorkommenden Pilze in künstlichen Nährstofflösungen gezogen; unter andern z. B. den Pilz der Kartoffelkrankheit *(Peronospora infestans)*, ferner den Hallimasch *(Agaricus melleus)*, der die Rothfäule der Fichten bewirkt, u. s. w.

Gehen wir nun zur grossen Reihe der Pilze über, welche sämmtlich des Blattgrüns entbehren und daher ganz auf organische Nahrung angewiesen sind, so lassen sich dieselben bezüglich ihrer Lebens- und Ernährungsweise in drei Gruppen theilen.

Es gibt erstens solche, welche fast stets nur von todten organischen Substanzen leben. Zweitens

leben viele als reine Schmarotzer auf oder in lebenden Thieren und Pflanzen (oft selbst wieder Pilzen), welche sie schädigen oder sogar tödten. Endlich gibt es drittens Pilze, welche mit anderen grünen Pflanzen so verwachsen, dass sie mit ihnen scheinbar einen einzigen Organismus bilden, in welchem beide Theile — Pilz und grüne Pflanze — nebeneinander, ohne sich gegenseitig zu Grunde zu richten, leben. Man nennt diese Art des Zusammenlebens von zwei Organismen, wobei beide gewisse Vortheile geniessen, Symbiose, und es sind bereits eine ganze Reihe von solchen Fällen bekannt, welche zweifellos als symbiotische zu betrachten sind.

Zu der ersten Kategorie von Pilzen gehören unsere gewöhnlichen Schimmelpilze, ferner die Fäulnissbakterien, die Hefe, die meisten sogenannten Schwämme, wie man sie auf dem Boden und auf faulenden Substanzen im Freien häufig findet.

Ihre Betrachtung liegt ausserhalb des Bereiches des heutigen Themas.

Was die Schmarotzer unter den Pilzen anbelangt, so ist ihre Zahl Legion. Fast jede grössere Pflanze weist eine ganze Reihe von Schmarotzern unter den Pilzen auf, und man kann sagen, dass die grössere Mehrzahl der Krankheiten der Pflanzen und Thiere durch Pilze ganz oder doch mit veranlasst sind.

Viele unter diesen Krankheitspilzen sind mehr weniger gross; es sind meistens solche, welche auf kleinen Thieren oder auf Pflanzen wohnen. Die

schmarotzenden Krankheitspilze der höheren Thiere und des Menschen sind meist so klein, dass sie nur schwierig unter dem Mikroskope nachgewiesen werden können und daher erst in den letzten Jahrzehnten den Forschern zur Kenntniss gekommen sind. Grössere Schmarotzerpilze sind z. B. der Hallimasch *(Agaricus melleus)*, der, wie schon erwähnt, die als Rothfäule bekannte Krankheit der Fichten bedingt. Auch die lederartigen und festen feinporigen Löcherschwämme *(Polyporus)* u. A. sind solche grössere Schmarotzerpilze auf Bäumen.

Fast an jeder Pflanzenart kann man manchmal gelbe oder braune, rothe oder schwarze Flecke oder Striche sehen. Sehr häufig ist dabei das betreffende Organ mehr oder weniger zerstört oder sonst abnormal entwickelt. Die Ursache liegt fast stets in Pilzen, welche diese Pflanzen befallen haben. Viele Pilzkrankheiten unserer Culturpflanzen sind von den Botanikern auf das Genaueste studirt worden, so dass man sie genauer bezüglich ihrer Entstehung und ihres Verlaufes kennt als manche Krankheit des Menschen. Hieher gehört z. B. die Mutterkornkrankheit, der Brand und Rost des Getreides, die Kartoffelkrankheit u. s. w.

Die Entwicklung dieser Krankheiten hängt aufs engste mit der bestimmter Pilze zusammen, so dass, wenn man Keime von dem betreffenden Pilz besitzt und die Entwicklungsgeschichte desselben kennt, man die Krankheit künstlich hervorrufen kann. Einige Beispiele, welche zugleich die oft höchst merkwürdige

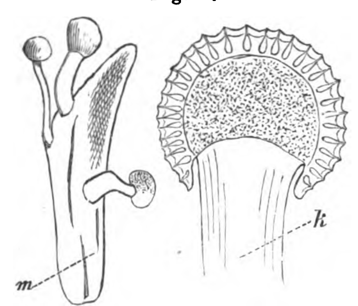
Entwicklungsgeschichte einiger wichtiger Schmarotzerpilze kennen lernen sollen, werden dies des Näheren lehren.

Was zunächst die Mutterkornkrankheit anbelangt, so findet man bekanntlich in Kornähren manchmal zur Zeit der Reife einen bis mehrere, 2—3 Centimeter lange und einige Millimeter dicke hornförmige Körper von schwärzlicher Färbung. Da die Körper genau dort in der Aehre sitzen, wo sonst die normalen Getreidekörner sich finden, und da sie dabei durch ihre besondere Grösse ausgezeichnet sind, so wurden sie Mutterkörner genannt. Sie sind nicht geniessbar und offenbar die Folge einer Krankheit des Fruchtknotens, denn anstatt dass sich aus dem Fruchtknoten ein normales Roggenkorn entwickelte, entstand ein Mutterkorn.

Die Entwicklungsgeschichte dieses letzteren (Fig. 1) ist nun folgende. Beim Mähen des Getreides fallen die Mutterkörner auf den Boden. Wenn dies auch nicht mit allen der Fall sein wird, so ist es doch gewiss mit einem Theile derselben so. Die auf den Boden gelangten Mutterkörner werden bei der nachfolgenden Bearbeitung desselben theils mehr oder weniger tief vergraben werden und dann im Boden zu Grunde gehen. Andere werden aber zufällig an die Oberfläche zu liegen kommen, wo sie sich, aber erst nachdem sie den Winter über unthätig liegen geblieben sind, weiter entwickeln. Man sieht, wie im Mai aus jedem der am Boden liegenden Mutterkörner mindestens ein kleiner Pilz herauswächst, der aus einem

Stiele und einem kleinen Köpfchen besteht. In dem Köpfchen entstehen nun fadenförmige Sporen, welche der Fortpflanzung dienen und die alsbald frei werden, so dass sie vom Winde entführt werden können. Die Sporenreife findet nun etwa im Juni statt, wenn das Korn gerade in Blüthe steht. Gelangt nun eine solche Spore auf den Fruchtknoten einer Roggenblüthe,

Fig. 1.



Mutterkorn *m* mit drei herausgewachsenen Köpfenpilzen (*Claviceps purpurea*).

k Längsschnitt durch ein Köpfchen; man sieht im Umkreise desselben zahlreiche flaschenförmige Hohlräume, in welchen die Sporen zur Entwicklung kommen.

so wächst sie aus, sie dringt in den Fruchtknoten ein und entwickelt sich hier zu einem reichverzweigten Gewebskörper, von dem wieder zahlreiche Zweige durch die Oberhaut des Fruchtknotens hindurchbrechen, um hier neue Sporen zu bilden (Sporidien), welche sich in ihrer Lebensweise ganz ebenso verhalten wie die ursprüngliche fadenförmige Spore. Schliesslich ist nach

und nach der ganze Gewebskörper des ursprünglichen Fruchtknotens aufgezehrt und von einem neuen Gewebe ersetzt, das allmälig zu dem Mutterkorn heranwächst.

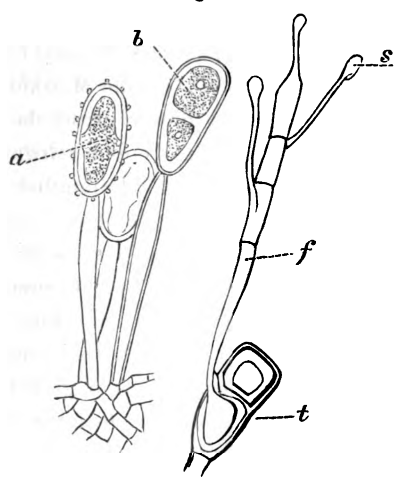
Man sieht, dass das Mutterkorn zum Theile auf der Roggenpflanze wächst und zum Theile auf dem Erdboden. Noch complicirter ist die Lebensweise jenes Pilzes, welches den sogenannten Getreiderost *(Puccinia graminis)* verursacht, indem dieser Pilz zu seiner Entwicklung zweier verschiedenen Nährpflanzen bedarf.

Der Getreiderost findet sich namentlich auf den Blättern des Weizens in Form von rothbraunen Strichen häufig vor. Anfänglich sind diese Striche heller, später nehmen sie eine dunklere Färbung an. So lange sie hell rothbraun sind, führen sie nur eine Gattung von Sporen, welche „Uredosporen“ (Fig. 2) genannt werden. Später entwickeln sich die grösseren und dunkler gefärbten „Teleutosporen“. Gelangt eine Uredospore (Sommerspore) auf ein Getreideblatt, so entwickelt sich wieder ein Rostfleck daraus, indem der Keimfaden, der aus der Spore sich entwickelt, in das Blattparenchymgewebe eindringt und sich hier zu einem Gewebepolster entwickelt, aus welchem dann wieder zahlreiche Fäden an die Oberfläche gelangen, die an der Spitze die Sommer- oder Uredosporen oder die Teleuto- oder Wintersporen abschnüren. Aus einer Sommer- oder Uredospore entsteht daher wieder ein gewöhnlicher Rostfleck. Die später entstehenden Winter- oder Teleutosporen sind im Gegensatze zu den ein-

zelligen Uredosporen zweizellig. Sie überdauern den Winter (daher ihr Name) und keimen im Frühjahre. Bei dem Keimungsprocesse entwickeln sie zunächst kleine farblose Sporen (Sporidien), die nur auf jungen Berberitzen- oder Sauerdornblättern *(Berberis vulgaris)*



Fig. 2.



Puccinia graminis, Rost des Getreides.
a Sommersporen, *b* Wintersporen, *t* keimende Winterspore mit dem Keimfaden (Promycel) *f* und den sogenannten Sporidien *s*.

keimen und hier eine eigenthümliche, von den Rostflecken ganz verschiedene Pilzform bilden, welche als *Aecidium berberidis* bekannt ist und früher für einen besonderen selbstständigen Pilz gehalten wurde. Die Aecidiumsporen entwickeln sich wieder auf Getreideblättern zu Rostflecken. Wir haben es daher beim

Rostpilze mit einer Schmarotzerpflanze zu thun, die viererlei verschiedene Sporen und zwei verschiedene, aber zur Entwicklung nothwendige Nährpflanzen besitzt.

Einfacher, aber nicht minder interessant ist die Lebensgeschichte des Brandes beim Weizen, Roggen, Hafer und Mais. Besonders bei der Maispflanze *(Zea Mais)* ist der Brand *(Ustilago Maydis)* höchst auffallend. Man sieht zur Zeit, da die Maiskolben noch nicht ganz reif sind, statt dieser grosse beulige Anschwellungen, welche ganz mit einem schwarzen Pulver (den Sporen) erfüllt sind. Anfänglich sind die Beulen bleich, fast weiss und geschlossen, später vertrocknen sie, springen auf, werden schwarz und entleeren nun Massen von Sporen, welche zum grössten Theile auf den Boden gelangen und hier zunächst meist den ganzen Winter über unthätig liegen bleiben. Werden im Frühjahre die Maiskörner gesäet, so wird es bei der grossen Anzahl der im Boden vorkommenden Brandsporen leicht vorkommen können, dass keimende Maiskörner mit Brandsporen in Berührung gerathen. Vielleicht noch häufiger werden aber auch die Brandsporen mit den Getreidekörnern selbst zugleich ausgesäet werden. Denn die zur Zeit der Reife in Menge herumfliegenden Brandsporen werden auch auf Getreidekörner zu liegen kommen, mit denen sie dann ausgesäet werden. Dies ist ganz besonders dann leicht der Fall, wenn bei der Ernte nicht sorgfältig genug vorgegangen wird und die Früchte, wie beim

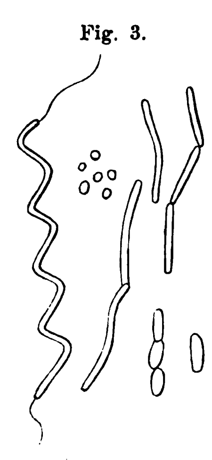
Roggen und Weizen, mit Hörnchen versehen sind, zwischen welchen die Sporen leicht haften.

Kommt nun eine Brandspore im Boden mit der keimenden Nährpflanze in Berührung, so entwickelt sie wieder Vorkeime, an denen kleine Sporidien entstehen, welche nach kurzer Zeit zu Pilzfäden auswachsen, welche in das Innere der Nährpflanzen eindringen. Indem die Nährpflanze höher wird, wächst auch der Pilz mit und durchsetzt so mit seinem Fadengewebe den ganzen Nährwirth. In der Nähe der Kolben nun findet die äusserst reichliche Sporenbildung im Innern der Pflanze statt. Das Pilzgewebe hat fast das ganze Parenchym an der betreffenden Stelle aufgezehrt und nun ist ein umfangreicher Theil der Pflanze mit schwarzen stäubenden Sporen erfüllt.

Die Schmarotzerpilze der Thiere sind in der Regel weniger auffallend, und zwar um so weniger, je grösser das Thier ist. Gegenwärtig kann es als eine sicherstehende Thatsache angesehen werden, dass ein grosser Theil der Krankheiten in der Thierwelt von Pilzen hervorgerufen werden, welche ihr mikroskopisches und verborgenes Dasein, sei es im Blute, sei es in oder auf verschiedenen Geweben suchen. Für den Milzbrand, die Diphtheritis ist es sicher, für alle sogenannten ansteckenden oder Infectionskrankheiten so gut als gewiss, dass sie durch Pilze, und zwar Bakterien, hervorgerufen werden. So für die Krankheiten, welche als Blattern, Scharlach, Cholera, Flecktyphus etc. bekannt sind. Aber auch andere Krankheiten, wie

Tuberculose, Hundswuth, Sumpffieber u. dgl. werden höchst wahrscheinlich, ja fast gewiss durch Bakterien bewirkt (Fig. 3). Diese Bakterien sind ausserordentlich klein, indem die einzelnen Individuen derselben an der Grenze der Sichtbarkeit stehen, und nur dadurch, dass sie sich ausserordentlich rasch vermehren und so leicht in ungeheurer Anzahl auftreten, vermögen sie jene mächtigen Krankheitserscheinungen hervorzurufen und grosse Thiere, sowie Menschen zu tödten, indem sie deren Gewebe zerstören und ihre normalen Functionen stören.

Fig. 3.



Verschied. Bakterien bei 600—700facher Vergrösserung: Kugel-, Stäbchen- und Fadenbakterien.

Die in und auf niederen Thieren schmarotzenden Pilze sind häufig viel auffallender und oft schon mit freiem Auge zu sehen.

Eine sehr bekannte hieher gehörige Form bedingt die im Herbste häufig eintretenden Epidemien unter den Stubenfliegen. Man sieht an Fenstern, Spiegeln, Wänden todte Fliegen kleben, welche meist einen etwas aufgetriebenen Hinterleib besitzen und von einem grauen Staubhofe umgeben sind, durch welchen sie sehr auffallen. Dieser graue Staubfleck, in dessen Mitte sich jede todte Fliege befindet, ist ganz aus Sporen gebildet, die sich auf der Oberfläche

namentlich des Hinterleibes der Fliege entwickelt haben, und welche durch einen eigenthümlichen Vorgang gleichsam abgeschossen werden, so dass sie in eine grössere oder geringere Entfernung von der Fliege zu liegen kommen. Kommt eine solche etwas klebrige Spore mit dem Hinterleibe einer gesunden Fliege in Berührung, so treibt sie einen Keimschlauch, der in das Innere des Fliegenkörpers eindringt, sich hier zu einem mächtigen Gewebe entwickelt, durch das schliesslich die Organe des Insectes zerstört werden. Das Insect geht zu Grunde. Nun treten die Pilzfäden an zahlreichen Stellen des Hinterleibes an die Oberfläche des Körpers, wo sie Sporen entwickeln, die auf eine hier nicht näher zu schilderende Weise fortgeschleudert werden. Auch die verschiedenen Krankheiten, welchen die Seidenraupen ausgesetzt sind, rühren von eigenthümlichen Pilzen her.

Ein höchst auffallender, auf verschiedenen Raupen lebender und nach ihrem Tode als schöner, bis sechs Centimeter langer, orangegelber keulenförmiger Fruchtkörper erscheinender Pilz ist der *Cordiceps militaris* genannte. In dem keuligen Fruchtkörper sind cylindrische Sporen enthalten, welche aus zahlreichen kleinen Zellen (bis zu 160) bestehen. Diese Sporen zerfallen bei der Reife in ihre Glieder, und kommt ein solches auf die Haut einer lebenden Raupe, so keimt es. Der Keimschlauch dringt ein und entwickelt nun im Innern des nun schon Krankheitssymptome aufweisenden Thieres zahlreiche cylindrische Glieder, die sich beim

Tode des Thieres auswachsend zu einem Gewebskörper umbilden, der das ganze Innere erfüllt. Aus diesem Gewebskörper des Pilzes entstehen dann durch Auswachsen an einer oder mehreren Stellen die oben geschilderten Fruchtkörper, die oft länger sind als die getödtete Raupe.

Ein besonderes Interesse beanspruchen nun schliesslich jene pflanzlichen Organismen, welche so mit anderen verwachsen, dass sie scheinbar ein einziges Individuum bilden, ohne dass die Individuen der einen Art die der anderen schädigen. Es kann also bei diesen Pflanzen von Schmarotzen nicht die Rede sein, denn die Verwachsung ist für beide mit Vortheilen verknüpft, wenn auch nicht mit gleich bedeutenden, während beim Schmarotzen der eine Theil geschädigt wird. Daher wird diese Art des Auf- oder Ineinandervorkommens von Pflanzen im Gegensatze zu Schmarotzen als Zusammenleben oder Symbiose bezeichnet. Dass Thiere manchmal zusammenleben, leben um sich gegenseitig zu nutzen, oder dass sie zusammenwachsen zu demselben Zwecke, sind leicht zu constatirende Thatsachen; die letztere namentlich bei Seethieren.

Wenn jedoch Pflanzen mit einander zu einem Organismus verwachsen, dann geschieht dies auf eine so innige Art, dass es langer Studien bedurft hat, um über die betreffenden Gebilde ins Klare zu kommen, schon deshalb, weil es stets nur niedrige Organismen sind, die die Erscheinungen der Symbiose aufweisen.

In allen ausgesprochenen und klaren Fällen der Symbiose mit Pflanzenbetheiligung sind ein grüner und ein nicht grüner Organismus mit einander verwachsen. Die grüne ist natürlich eine Pflanze, und zwar stets eine mikroskopische Alge; die nicht grüne hingegen ist entweder ein Pilz (und zwar meist ein sogenannter Schlauchpilz, Ascomycet); oder ein niedriges Thier, z. B. ein Infusionsthierchen, ein Rhyxopode (Wurzelfüsschen), eine Planarie (Plattwurm) u. dgl. m.

Einige specielle Fälle werden die Sache klarer machen.

Es sind schon lange Zeit grüne Infusorien bekannt. So gibt es *Stentor-*, *Bursaria*-Arten und dergleichen, welche intensiv grün gefärbt sind. Man bemerkt in dem farblosen Körper dieser Thiere grüne Kugeln, anscheinend Chlorophyllkörner. Man hat sich auch auf chemischem und physikalischem Wege davon überzeugt, dass diese Kugeln wirkliches Blattgrün enthalten. Ferner ist es auch Thatsache, dass diese merkwürdigen Infusionsthierchen genau so wie grüne Pflanzen ohne organische Nahrung lange Zeit leben können, aber nur bei genügender Helligkeit, kurz, dass ihre Chlorophyllkörper ebenso wie die der Blätter Kohlensäure zu assimiliren im Stande sind. Es hauchen daher diese Infusorien im Sonnenscheine ganz so wie die grünen Pflanzen Sauerstoff aus. Sie galten daher lange Zeit als chlorophyllgrüne Thiere, als merkwürdige Ausnahme im Thierreiche.

Gegenwärtig weiss man aber, dass die grünen Körner eingewanderte Algen sind, die sich in nichts von ihren freilebenden Geschwistern unterscheiden, und welche sich im Innern des Infusorienleibes ganz wohl befinden, ihre Assimilationsproducte an das Thier abliefern, in dessen Innerem sie, gegen mannigfaltige Angriffe geschützt, ein üppiges und ruhiges Dasein führen. Sie werden von dem Infusorium nicht verdaut, und beide, Thier und Alge, führen ein gemeinschaftliches Leben, jedes gewisse Vortheile aus dem gemeinsamen Haushalte ziehend.

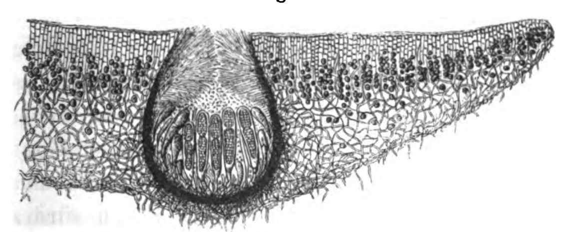
Es ist nicht bekannt, dass die genannten Infusorienarten auch ohne Algen, also in farblosem Zustande vorkommen, hingegen finden sich die betreffenden Algen (Protococcaceen) ebensowohl frei und einzeln lebend, als auch in den genannten Infusorien. Wie schon oben erwähnt, gibt es noch eine Reihe von anderen Thieren aus mehreren Ordnungen, die ebenfalls mit grünen oder gelben Algen vergesellschaftet sind.

Was nun die Symbiose im Pflanzenreiche selbst anlangt, so gibt es eine grosse, Jedermann bekannte Abtheilung desselben, die der Flechten, welche aus fast lauter symbiotischen Doppelorganismen bestehen.

Die Flechten (s. Fig. 4) sind keine selbstständigen Pflanzen, so wie die Algen oder die Pilze, sondern jedes Exemplar einer Flechte besteht aus einem Pilze, in dessen Innerem eine ganze Colonie von Algenindividuen einer Art wuchern.

Es gibt keine Organismen, welche an ihren Nährboden, an ihre Unterlage so geringe Anforderungen stellen wie die Flechten. Selbst die kahlen und nackten Felswände der Dolomiten, der harte Granit- und Quarzfels des Böhmerwaldes, zeigen Anflüge von Stein- und Krustenflechten. Erst wenn die Flechten den Boden durch längere Vegetation und Humusbildung vorbereitet haben, siedeln sich auch Moose und andere Pflanzen an.

Fig. 4.



Querschnitt durch eine Krustenfläche *(Endocarpon pusillum)*, nach Stahl.

Die Hauptmasse besteht aus den Hyphen oder Pilzfäden; zwischen diesen sind grüne Körner eingestreut, welche Gonidien heissen und Algen sind. In der Mitte die grosse Frucht, welche den Pilz bildet. In derselben sieht man, von keulenförmigen Schläuchen eingeschlossen, vielkammerige Sporen.

Wie erklärt sich diese hartnäckige Zähigkeit und Ausdauer, welche erforderlich ist, um trockene und nackte Felswände zu besiedeln?

Eine Alge für sich kann auf Felsen nicht wachsen, sie würde vertrocknen, und es fehlen ihr die Organe, sich genügend fest mit dem Gestein zu verbinden. In

der That fehlen Algen, auch solche, die periodische Trockenheit vertragen, auf kahlen Felsen fast völlig.

Noch weniger aber als freie Algen sind Pilze dazu geeignet, auf Gesteinen zu wachsen, weil ihnen die Fähigkeit, anorganische Substanzen allein zu assimiliren, abgeht.

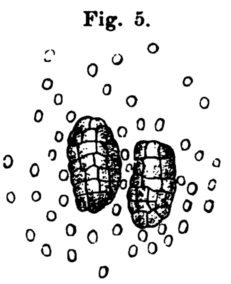
Wenn aber in einem Pilze, der zeitweilige, auch länger andauernde Austrocknung gut verträgt, Algen eingeschlossen sind und zugleich so verwachsen, dass der Pilz organische Stoffe den Algen zu entnehmen im Stande ist, dann wird es möglich sein, dass selbst am unfruchtbarsten Standorte ein derartiger Doppelorganismus ausdauern kann. Denn die Pilzfäden vermögen sich selbst in das härteste Gestein mehr oder weniger einzufressen und zu bohren und so Substanzen herauszulösen, welche auch den Algen zu Gute kommen werden. Durch diese wurzelartigen Fäden wird zugleich der ganze Organismus am Felsen gut befestigt. Die Pilzhülle schützt die Algen zugleich vor zu rascher und zu häufiger Austrocknung. Die Algen hingegen erzeugen besonders aus der Kohlensäure der Luft organische Substanzen, die nicht nur ihnen, sondern auch der Pilzhülle zu Gute kommen. So unterstützen und nützen sich beide Pflanzen gegenseitig und bilden auf diese Weise einen Organismus, wie er besser geeignet, die Anfänge der Vegetation auf unwirthlichem Boden darzustellen, kaum gedacht werden kann.

Naheliegend ist nun die Frage, auf welche Weise die Flechtenpilze zu ihren Algen kommen, denn stets

ist es eine bestimmte Alge, welche man in einer und derselben Flechtenart antrifft.

Die Antwort ist eine sehr einfache, denn die betreffenden Algen sind ausserordentlich verbreitet, so dass man kein Rindenstückchen oder Mauerfleckchen untersuchen kann, ohne auf Massen von ihnen zu treffen. Wo immer daher eine Flechtenpilzspore auch hinfällt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie auch ihre zugehörige Alge antrifft, eine sehr grosse. (Fig. 5, 6.)

Fig. 5.



Flechtensporen

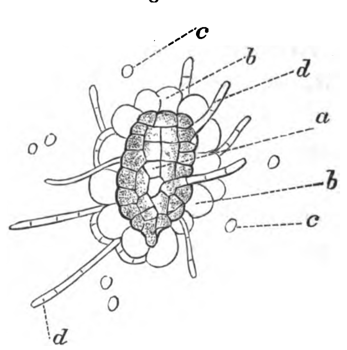
(vom Pilze der Flechte herrührend), von Algen umgeben, welche bei der Weiterentwicklung der Sporen in den Körper der Flechte aufgenommen werden, wie die nachfolgende Fig. 6 zeigt.

Dazu kommen aber noch bestimmte specifische Verbreitungsmittel der Flechten als solche, welche es, wie hier nur im Allgemeinen bemerkt werden soll, mit sich bringen, dass von den Mutterpflanzen nicht nur Pilzantheile oder Sporen, sondern auch zu gleicher Zeit Algen ausgesäet werden, so dass die betreffende Flechte ohneweiters entstehen kann.

Die in ihrer Lebensweise so äusserst verschiedenen Pilze gehen aber nicht nur mit niedrigen Algen, sondern auch mit höheren Pflanzen symbiotische Verhältnisse ein, die von einer ähnlich umfassenden Bedeutung sind wie die bei den Flechten. So wie diese durch ihre Fähigkeit, selbst ganz sterile Felsen und Gesteine

besiedeln zu können, von der grössten Bedeutung für den Haushalt der Natur und auch für die Cultur sind (ich erinnere z. B. an das allmälige Fruchtbarwerden der Laven am Vesuv und am Aetna, das durch die Thätigkeit der Flechten eingeleitet wird), so ist auch der gemeinschaftliche Haushalt, welchen gewisse Humuspilze mit Waldbäumen führen, für die Er-

Fig. 6.



Auskeimende Flechtenspore *a*,
deren Keimfäden *d* bereits zahlreiche Algen *b* umfasst haben, welche Algen besser gedeihen als die von den Keimfäden nicht berührten (*c*).

nährungsverhältnisse der Wälder und somit auch für die Menschen von der grössten Bedeutung.

Gräbt man im Frühsommer die Wurzeln von Buchen oder Eichen oder manchen Nadelhölzern aus, so findet man, dass die eigentlichen Saugwurzeln ganz von einem dichten Mantel von Pilzfäden bedeckt sind, der fest mit dem Wurzelgewebe verwachsen ist, so

dass man ihn, ohne die Wurzel zu beschädigen, nicht entfernen kann. Von diesem Pelzmantel gehen zahlreiche Fäden aus, welche in den Humus des Waldbodens eindringen. Obwohl die Pilzfäden mit den Wurzeln vollständig verwachsen und auch zwischen die Epidermis- oder Oberhautzellen derselben eindringen, so erscheinen die so befallenen Wurzeln doch nicht im Geringsten krankhaft, sondern im Gegentheile sie sind dicker und anscheinend besser genährt als die vom Pilze nicht befallenen. Es ist klar, dass die ganze Nahrung, welche der Baum durch die verpilzten Saugwurzeln, welche von A. B. Frank, dem Entdecker derselben, Mycorhyzen genannt werden, zugeführt erhält, durch den Pilz hindurch muss, da die eigentliche Wurzeloberfläche mit dem Boden gar nicht in Berührung kommt. Der Pilz muss daher die Substanzen, welche der Baum braucht, aufnehmen und ihm zuführen. Da nun aber die Pilze im Humusboden als Saprophyten leben und nicht nur anorganische Bestandtheile, sondern auch organische Humusbestandtheile aufnehmen, so erscheint es höchst wahrscheinlich, dass sich die gewöhnlichen Waldbäume (vorzugsweise die Cupuliferen und Coniferen, d. i. Becherfrüchtler und Nadelhölzer) durch Vermittlung ihrer Mycorhyzen auch vom Humus des Waldbodens ernähren.

Ob dies nun thatsächlich der Fall ist, oder ob der die Wurzeln umspinnende Pilzmantel dem Baume nur anorganische Bodenbestandtheile, also Wasser und Nährsalze zuführt, auf jeden Fall bedient sich der

Baum des Pilzes zur wahrscheinlich rascheren und besseren Aufnahme seiner Nahrung aus dem Boden. Pilz und Baum haben sich im Boden mit einander zu gegenseitigem Vortheile verbunden. Der Pilz ist gleichsam die Amme des Baumes und wird hiefür von letzterem dadurch entschädigt, dass er z. B. nicht so leicht durch Austrocknen getödtet werden kann und zeitweilig die Säfte des Baumes ihm wieder zur Nahrung dienen können, oder bestimmte ihm zusagende Stoffe in den Baumwurzeln zur Verfügung stehen. Pilz und Baum stehen also miteinander in einem activen Freundschaftsverhältniss, sie schaden sich gegenseitig nicht, sondern helfen sich.

Wenn, wie es wahrscheinlich ist, dem Baume durch die Mitwirkung des Pilzes auch organische Humusbestandtheile zugeführt werden, so erhält die Mycorhyza, deren Entdeckung für Praxis und Wissenschaft von der grössten Bedeutung ist, ein ganz besonderes Interesse, denn gegenwärtig gilt die alte Lehre der sogenannten Humustheorie, welche verficht, dass auch die grünen Pflanzen sich zum grossen Theile wenigstens, wenn nicht ganz, von den organischen Humusbestandtheilen ernähren, als für die grünen Pflanzen vollständig abgethan. Die sparsame Natur würde durch das merkwürdige symbiotische Verhältniss der Mycorhyza ermöglichen, dass erstens die ungeheuren Massen von organischen Substanzen, welche im Humus des Waldbodens aufgespeichert sind, besser verwerthet werden, und zwar speciell von denjenigen

Gewächsen, von denen der Humus in erster Linie abstammt, und zweitens die mächtigen Waldbäume die grossen Mengen von organischen Substanzen, welche sie erzeugen, zum Theile auf leichtere Weise aus bereits vorgebildeten organischen Körpern bilden können.

So begegnen wir sowohl ausbeutendes Schmarotzerthum, als auch gegenseitig unterstützendes Zusammenleben an beiden Grenzen des vegetabilischen Lebens.

Auf der einen Seite sehen wir niedrige Algen und niedere Pilze aufeinander schmarotzen und symbiotische Verhältnisse mit einander eingehen, auf der anderen Seite die Mistel, selbst ein kleiner Baum, auf Bäumen schmarotzen und letztere mit Pilzen zusammenleben.

Der Symbiotismus, dessen Kenntnis kaum 20 Jahre alt ist, scheint daher eine viel grössere Bedeutung in der Natur zu haben, als man wohl gegenwärtig annimmt. Denn die angedeuteten extremen Fälle lassen vermuthen, dass noch viele und mannigfaltige Zwischenarten vorkommen, die den Augen der Forscher bisher entgangen sind.

So sehen wir in der vegetabilischen Natur zwei grosse biologische Erscheinungen, Schmarotzerthum und Symbiotismus, nebeneinander bestehen, wohl mit manchen Uebergängen, aber doch sich in der Mehrzahl der Fälle gegensätzlich verhaltend, beide mit dem wichtigen Zwecke der Erhaltung der Individuen, beide aber, obwohl zweifellos aus einander hervor-

gegangen, mit entgegengesetzten Mitteln arbeitend. Das Schmarotzerthum bedeutet Kampf des einen Wesens gegen das andere, der Symbiotismus friedliches Zusammenleben mehrerer zu einem gemeinschaftlichen Zwecke.

Und so zeigt sich auch hier wieder, dass die **Natur** nur einen Endzweck kennt, es ist der Selbstzweck der Erhaltung der existirenden Arten; die Mittel, dies zu erreichen, sind einmal friedliche und dann wieder kriegerische: oft vereinigen sich zwei oder mehrere Arten zu gemeinschaftlicher schaffender Thätigkeit, und eben so oft bekämpfen sich die Arten direct activ. Dabei ist von jenem passiven Kampfe ums Dasein, der eine noch grössere Rolle spielt, aber mehr verhindernd und verkümmernd als zerstörend wirkt, ganz abgesehen.

Ueber den

Generationswechsel

im Pflanzenreiche.

Ein Vortrag

gehalten

im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 16. Februar 1887

von

Prof. Dr. Franz Ritter von Höhnel.

(Mit zwölf Abbildungen im Texte.)

Wien, 1887.

Selbstverlag des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Still und geräuschlos vollzieht sich in der organischen Welt nach ewigen Gesetzen der Wechsel der Generationen. Geschlechter kommen und gehen; ein ewiger Formenwechsel belebt die Erde und das Hinsterben begründet das Leben. Scheinbar einfach und klar vollzieht sich das Ganze, und doch wie viele Räthsel birgt nicht dieser Wechsel, wie viele Geheimnisse deckt er nicht! Ist die Entwicklung zweier Geschlechter bei derselben Art nicht eine der merkwürdigsten und räthselhaftesten Thatsachen? Und doch, wie viel sonderbarer sind nicht die Verhältnisse bei einer grossen Reihe von thierischen und pflanzlichen Organismen, wo nicht zwei, sondern mehrere von einander verschiedene Individuen die Gesammtheit der Art ausmachen, oder wo nicht gleiche Generationen aufeinanderfolgen, sondern von einander verschiedene in regelmässigem Wechsel.

In der ganzen Natur zeigt es sich, dass der eigentliche Ausdruck des Lebens der Wechsel ist; wo kein Wechsel, da kein Leben. Stoffwechsel, Kraftwechsel, Formenwechsel, kurz stetige Veränderungen aller Art, auf allen Gebieten des organischen Lebens — sie sind

das Leben selbst. In jedem Wechsel steckt aber nicht nur Leben und Gedeihen, sondern auch der höchste und schönste Ausdruck desselben — Poesie. Oefter als durch irgend ein anderes Motiv wurde der Dichtergeist durch den Wechsel in irgend einer Form geweckt. Denn der Wechsel ist die Seele der Anregung und der dichterische Erguss der schönste Ausdruck einer solchen.

Und so mag es uns fast selbstverständlich erscheinen, wenn wir finden, dass Naturforschung und Dichtung einen viel engeren Connex zeigen, als dies wohl in der Literatur hervortritt. In der That ist jeder Forscher ein Dichter und jeder Dichter ein Forscher. Wer erinnert sich bei dieser Gelegenheit nicht an die Heroen und Dichter-Forscher Goethe und Humboldt, die ein unvergänglicher Kranz von dichterischen und wissenschaftlichen Thaten verbindet? Und wem fällt bei dieser Gelegenheit nicht die liebliche und reine Dichternatur eines Adalbert v. Chamisso ein?

Adalbert v. Chamisso war es in der That, der eine der interessantesten und folgenreichsten Entdeckungen auf dem Gebiete der Biologie machte, nämlich die des sogenannten Generationswechsels.

Als unser Dichter in den Jahren 1815—1818 die Weltreise auf der Brigg „Rurik“ machte, fand er auf der Fahrt im stillen Ocean, dass gewisse, mit unseren Muscheln und Schnecken nahe verwandte Thiere, die Salpen, sich in gar eigenthümlicher Weise vermehren.

Er selbst drückte das Wesen der Erscheinung so aus, dass er sagte, die Mutter gleiche bei diesen Thieren nicht der Tochter, sondern der Enkelin, und die Tochter der Grossmutter.

Die Entdeckung, dass es Thiere gibt, welche im Wege der Fortpflanzung andere erzeugen, die ihnen nicht gleichen, musste zu einer Zeit, wo man anzunehmen gewohnt war, ja als selbstverständlich betrachtete, dass jede Art nur ihresgleichen hervorbringen könne, von ganz gewaltiger Bedeutung sein. Und doch konnte man nicht ahnen, welche Verbreitung und Wichtigkeit der Generationswechsel in der organischen Welt besitzt!

In der That gehört der Generationswechsel zu den allgemeinsten Erscheinungen im Pflanzenreiche. Lange dauerte es, bevor er hier erkannt wurde. Es bedurfte des ausdauernden Fleisses und hohen Genies eines der hervorragendsten deutschen Botaniker: Wilhelm Hofmeister's, den Nachweis zu führen, dass namentlich alle höheren Pflanzen einen Generationswechsel besitzen. Sie werden mich fragen, wie ist das möglich? Aus dem Samen eines Baumes entwickelt sich wieder derselbe Baum, wo bleibt da der Generationswechsel? Um diese naheliegende Frage zu beantworten genügt es nicht, die Verhältnisse, wie sie bei den höchsten Gewächsen thatsächlich vorliegen, zu erklären, sondern ist es nothwendig, vergleichend sich zu niedriger stehenden Pflanzen, und zwar zu den Moosen und Farnen zu wenden. Denn bei unseren

Blüthenpflanzen ist der Generationswechsel in einer so verborgenen Form vorhanden, dass er bei ihnen gar nie entdeckt worden wäre, wenn die niedrigen Formen von den Moosen durch die Farne und Schachtelhalme aufwärts zu den Nadelhölzern nicht alle nöthigen Bindeglieder und Erklärungen zum Verständnisse der Geheimnisse der Blüthen gegeben hätten.

Und so müssen auch wir hier von unten anfangend die Erscheinungen des Generationswechsels hinauf verfolgen; wir müssen die Moose und Farne studiren, um zu den Geheimnissen der Rosen zu gelangen.

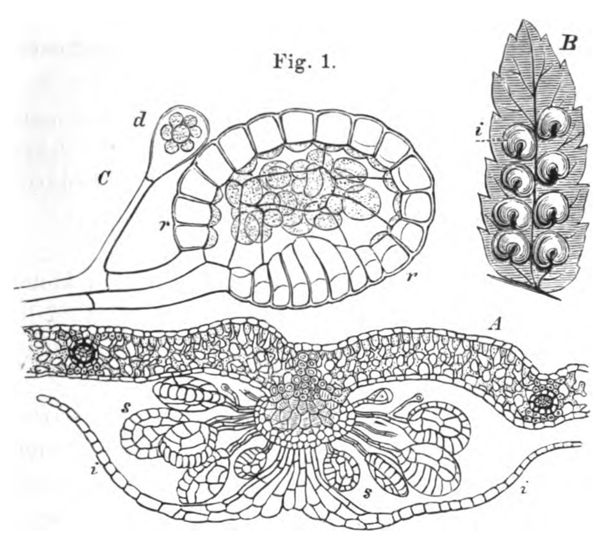
Am schönsten und instructivsten sind die Verhältnisse bei unseren Farnkräutern entwickelt. Wir wollen daher zuerst diese betrachten.

Es ist bekannt, dass die Farne, welche durch die schönen und mannigfaltigen Formen der Blätter, sogenannte Wedel, ausgezeichnet sind, trotz ihrer Grösse — manche, die Baumfarne der Tropen, sind wahre Bäume — der Blüthen entbehren. Hingegen zeigen sie eine andere Erscheinung, nämlich die, dass auf der Unterseite der Blätter kleine braune Zellen, Sporen genannt, in grosser Zahl entwickelt werden. Andere Fortpflanzungsorgane kann man an einem gewöhnlichen Farnkraute nicht entdecken. Die Sporen sind einfache Zellen, meist von tetraëdrischer Gestalt. Betrachten wir ihre Entstehungsart etwas näher, so sehen wir, dass sie einfach auf vegetative Weise zu Stande kommen, ohne irgend eine Spur einer Erscheinung, welche man als sexuelle deuten könnte. Es besitzt also das grosse

Farnkraut keinerlei Organe, welche man als männliche oder weibliche betrachten könnte.

Man sagt daher, dass das Farnkraut geschlechtslos ist. Wie aus beistehender Zeichnung (Fig. 1) er-

Fig. 1.



B Blattzipfel von *Polystichum Filix mas,*

dem männlichen Wurmfarn, von der Unterseite betrachtet, mit zwei Reihen von Sporenhäufchen, welche mit dem Schleier *i* bedeckt erscheinen. *A* Querschnitt durch das Blatt und ein Sporenhäufchen. In dem letzteren sieht man die Sporangien *s* und den Schleier *i*. Oben *C* ein Sporangium vergrössert, mit der sporenführenden Kapsel *r* und einem Drüsenhare *d*. (Nach Sachs.)

sichtlich ist, entwickeln sich die Sporen (um bei Besprechung von Details einen bestimmten Fall ins Auge zu fassen) des sogenannten grossen Wurmfarns (*Polystichum Filix mas* Roth.) auf der Unterseite der Blätter

in kleinen Häufchen (*Sori* genannt). Jedes Häufchen ist von einem Schüppchen bedeckt (Schleier, *velum*), das mit einer Seite an einem Fortsatze des Blattes angewachsen ist. Die Sporen entstehen nun in grosser Anzahl in kleinen Kapseln (Sporangien), welche sie bei der Reife durch einen Querriss sich öffnend ausstreuen.

Fällt nun eine solche Farnspore auf einen günstigen Boden, so vermag sich aus ihr wieder eine neue Farnpflanze zu entwickeln. Auch hier ist scheinbar kein Generationswechsel vorhanden, und es bedurfte sehr schwieriger Untersuchungen, um ihn hier, obwohl nur der einfachste Fall vorliegt, aufzudecken.

Verfolgen wir nämlich die mikroskopisch kleine Spore, welche nur 0·046 Millimeter lang und 0·032 Millimeter breit ist, ganz genau in ihrem Entwicklungsgange, so bemerken wir Folgendes:

Wir sehen, dass sich aus der Spore ein kurzer Zellfaden entwickelt. Dieser verbreitert sich an einem Ende stark, wird also zu einer Zellfläche, welche endlich fast genau die Herzform annimmt. Dieses herzförige Blättchen wird Vorkeim oder *Prothallium* (Fig. 2) genannt. Es ist in der Regel nur 4—5 Millimeter breit und lang, von grüner Farbe und sieht aus wie ein sogenanntes Lebermoos. An der Unterseite treibt dieser Vorkeim eine grosse Zahl von farblosen Härchen (Wurzelhärchen, Rhizoiden), vermittelst welcher er einerseits am Boden befestigt ist und sich andererseits ernährt. Dieser Vorkeim hat nun mit einer Farnpflanze gar keine Aehnlichkeit. Es ist eine minutiöse



Fig. 2.

Venusharfarn, ***Adianthum Capillus Veneris.***

Senkrechter Längsschnitt durch einen Vorkeim *pp* und das junge Farnkraut *E*; *a* weibliche Organe, *h* Wurzelhare, *b* Blatt, *w* Wurzel. Vergr. 10. (Nach Sachs.) Die untere Figur zeigt ein herzförmiges Prothallium vom männlichen Wurmfarn von der Unterseite mit den dreierlei Organen

lebermoosähnliche einfache Pflanze, im Gegensatze zu der grossen, complicirt gebauten und verzweigten Farnpflanze.

Man könnte nun glauben — und die Botaniker thaten dies factisch so bis vor etwa 40 Jahren —, dass der sogenannte Vorkeim nichts Anderes als ein Entwicklungsstadium der Farnpflanze ist, ähnlich dem Keime z. B. einer Bohne, aus welcher schliesslich einfach durch Weiterwachsen die Bohnenpflanze entsteht. Der Keim einer höheren Pflanze aber besteht in der That nur aus einigen Blättern, einem kurzen Stengel und einer einfachen Wurzel. Ein Keim trägt nie Blüthen oder Früchte. Durch diesen Mangel höherer Organe qualificirt er sich sofort als ein unvollkommenes Entwicklungsstadium. Er ist nichts Fertiges, keine selbstständige Pflanze, die etwa von der reifen Pflanze wesentlich verschieden wäre.

Ganz anders aber verhält es sich hingegen mit dem geschilderten Prothallium des Farnkrautes.

Bevor ich indess in der Besprechung desselben fortfahre, muss ich noch die Frage beantworten, wann wir einen Organismus als selbstständig betrachten? Offenbar dann, wenn sich derselbe selbstständig fortpflanzen kann, und zwar nicht blos durch einfache Theilung, sondern durch Vermittlung besonderer Organe, seien es Sporen oder Eier u. dgl.

Wenn wir daher an unserem scheinbar so einfachen Prothallium Organe aufzufinden im Stande sind, welche vermöge ihres Verhaltens als besondere Fort-

pflanzungsorgane gedeutet werden müssen, so werden wir schliessen, dass das Prothallium eine selbstständige Pflanze und daher auch eine selbstständige Generation repräsentirt.

Und so ist es denn auch in der That.

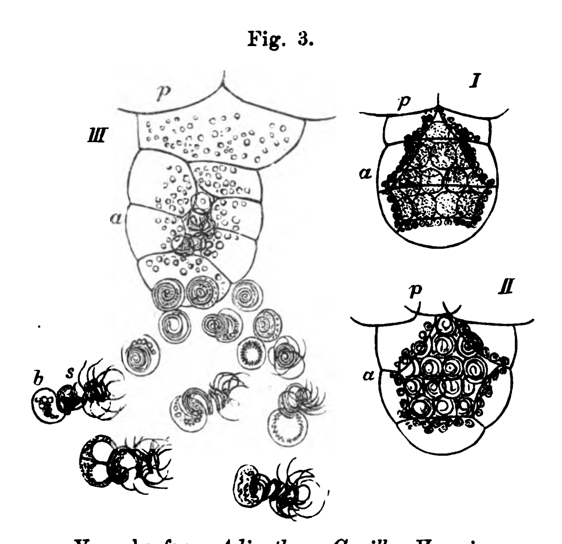
Betrachtet man nämlich die Unterseite eines ausgebildeten Prothalliums näher, so sieht man schon mit einer Loupe zwei Gruppen von Wärzchen. Vorne, unmittelbar unter der Einbuchtung ist eine Gruppe von etwa 20 grösseren Wärzchen, während sich im unteren Abschnitte, zum Theil zwischen den Wurzelhärchen verborgen, eine etwas ausgedehntere Gruppe kleinerer Wärzchen vorfindet.

Untersucht man nun die grossen Wärzchen unter dem Mikroskope näher, so sieht man, dass sie von oben betrachtet vier Zellen zeigen, zwischen welchen ein Canal in das Innere führt. Die Wärzchen sind also hohl. Der Canal führt in eine an der Basis des Wärzchens befindliche rundliche Höhlung, in welcher sich ein kleiner runder Körper befindet. Wenn man diesen Bau in näheren Betracht zieht, so wird man sehr bald auf den Gedanken geführt, dass der rundliche Körper wohl nichts Anderes als ein Ei ist und mithin die grossen Wärzchen nichts Anderes als weibliche Blüthen sind, allerdings von der denkbar einfachsten Form. Man nennt sie Archegonien.

Betrachtet man nun die kleineren Wärzchen in ihrem reifen Zustande, so findet man, dass sie geschlossen sind, dass sie ferner im Innern auch einen

grösseren Hohlraum aufweisen, der aber nicht eine einzelne grössere Kugel, sondern eine grössere Anzahl kleinerer rundlicher Körperchen enthält, die wir nun etwas näher ansehen wollen. Man bemerkt sofort bei

Fig. 3.



Venusharfarn, *Adianthum Capillus Veneris.*

Männliche Organe des Vorkeimes. *I, II, III,* drei verschiedene Entwicklungsstadien. *III*, schon geplatzt, mit den ausgetretenen Samenthierchen *b*. Vergr. 550. (Nach Sachs.)

stärkerer Vergrösserung, dass jedes Kügelchen einen eigenthümlichen spiralig gewundenen Körper enthält. (Fig. 3 und 4.)

Während wir nun aber ahnungslos beobachten, vollzieht sich unter unseren bewaffneten Augen ein

merkwürdiges Schauspiel: plötzlich platzt ein Wärzchen, die scheinbar leblos oder schlafend nebeneinander liegenden Kügelchen sind wie zu neuem Leben erwacht, anfänglich bewegen sie sich nur langsam und

Fig. 4.

Venusharfarnkrant.

Weibliche Organe des Vorkeimes im optischen Längsschnitte *A, B, C, E*. *D* Hals desselben im optischen Querschnitte. *e* Embryo, *s*, *st* Schleimmassen, *h* Hals. Vergr. 800. (Nach Sachs.)

träge, rasch wird aber das Treiben lebhafter, und endlich drängt sich aus dem Thor ein buntes Gewimmel hervor. Es gibt kaum etwas Ueberraschenderes als

dieses Schauspiel. Es ist als wenn sich ein Theil der trägen Pflanzensubstanz der vegetativen Fesseln entledigt hätte — zu neuem höherem Leben. Freudebebend verfolgt der glückliche Beobachter dieses Spiel und neue Hoffnung bewirkt in seiner Brust dieses winzige Treiben: seine Welt.

Wir können das sprachlose Staunen kaum ahnen, das der deutsche Naturforscher Franz Unger empfand, da er als Erster so glücklich war, dieses Schauspiel der plötzlichen Entfesselung von neuem Leben in trägen Pflanzenzellen zu beobachten.

„Die Pflanze im Momente der Thierwerdung", beschrieb er es, und eine neue Epoche in der Erkenntniss der Pflanzenwelt begann hiemit!

Doch zergliedern wir die schwärmenden Zellen etwas näher.

Wir sehen, dass dieselben aus einem spiralig gewundenen Körper bestehen, der an einem Ende etwas dicker ist und am andern spitz zuläuft. Zahlreiche, sich lebhaft bewegende Wimpern sitzen an demselben, und es bewegt sich derselbe so rasch mit dem spitzen Ende nach vorwärts, dass wir ihm kaum folgen können. Verfolgen wir nun aber diese Körperchen — welche Spermatozoiden genannt werden —, so finden wir alsbald zu unserer Ueberraschung, dass sie nicht ziellos herumschwärmen, sondern dass sie alle, oft auf dem kürzesten Wege den Archegonien, welche die Eier enthalten, zueilen. Einzelne, welche so glücklich waren, die ersten anzukommen, drängen sich durch den Hals

des Archegoniums, dringen bis zum Ei vor und verschwinden unter dem Auge des Beobachters, indem sie mit dem Ei zu einem Körper verschmelzen. Dieser ganze überraschende Vorgang kann aber nur dann stattfinden, wenn die Unterseite des Prothallium mit Wassertropfen bedeckt ist, durch welche allein die Spermatozoiden schwimmend ihr Ziel, die Archegonien, erreichen können.

Verfolgen wir das Prothallium weiter, so sehen wir, dass es zwar anfänglich nach dem Stattgefundenhaben dieses Vorganges noch etwas weiter wächst, dass es aber schliesslich abstirbt. Das Ei hingegen, welches mit dem Spermatozoid verschmolzen ist, zeigt plötzlich neues Wachsthum. Während die von den Spermatozoiden nicht gefundenen Eier einfach mit dem Prothallium absterben, entwickelt sich aus dem einen oder anderen der fertilisirten Eier, und nur aus solchen, eine ganz neue Pflanze, welche gar keine Aehnlichkeit mit dem Prothallium besitzt, und die wir als Farnkraut bereits kennen.

Wir sehen aus dem Ganzen, dass die Farnpflanze nicht etwa so wie die Bohnenpflanze aus dem Bohnenkeimling durch einfaches Fortwachsen entsteht, sondern dass das Prothallium eine ganz selbstständige Pflanze ist, welche eigene, von denen des Farnes verschiedene Reproductionsorgane, nämlich eierzeugende Archegonien und Spermatozoiden bildende Antheridien besitzt, durch deren merkwürdiges Zusammenwirken endlich ein fertilisirtes Ei entsteht,

aus dem durch einfaches Wachsthum das Farnkraut hervorgeht.

Es entsteht daher aus der Spore des Farnkrautes eine selbstständige männliche und weibliche (also zwitterige) Pflanze, Prothallium genannt, aus deren Eiern Farnkräuter erwachsen.

Es besitzt also jedes Farnkraut zwei Generationen, welche von einander, sowohl was den Bau, als auch was die Art der Fortpflanzung anlangt, gänzlich verschieden sind. Das eigentliche Farnkraut pflanzt sich durch Sporen asexuell oder ungeschlechtlich fort, es stellt die ungeschlechtliche Generation dar. Das Farnprothallium reproducirt sich durch Eier, welche fertilisirt werden müssen, es besitzt geschlechtliche Fortpflanzungsorgane und stellt die sexuelle Generation dar.

Aus einem Farnkraut kann durch Vermittlung der Sporen kein ähnliches Farn direct entstehen. Es ist auf die Vermittlung einer anders beschaffenen sexuellen Generation angewiesen. Es besitzt also nothwendigerweise zwei Generationen, welche miteinander regelmässig abwechseln, und daher einen echten Generationswechsel.

Es ist von vorneherein wahrscheinlich, dass ein ähnlicher Vorgang auch bei den nächsten Verwandten der Farnkräuter stattfinden wird.

Zu den Verwandten der Farne werden die Schachtelhalme, Bärlappe, Selaginellen und die Wasserfarne oder Wurzelfrüchtler gerechnet.

Alle diese Pflanzen besitzen, so wie die Farne, Sporen, aus welchen sich Prothallien entwickeln. Ein wesentlicher Unterschied tritt aber sofort hervor; wir sehen nämlich, dass die Selaginellen und die Wasserfarne zweierlei Sporen besitzen, während die Farne, Schachtelhalme und Bärlappe nur eine Gattung von Sporen aufweisen.

Betrachtet man eine sogenannte Fruchtähre eines Schachtelhalmes oder eines Bärlappes, so findet man in derselben nur eine einzige Gattung, und zwar lauter sehr kleine stäubende Sporen, welche einerseits sofort, und wir werden später sehen, mit Recht an den Blüthenstaub der höheren Pflanzen erinnern und andererseits den braunen Farnsporen analog sind.

Ganz anders verhalten sich hingegen die Sporenstände der Selaginellen. Da sieht man im unteren Theile der Sporenähre grosse samenähnliche Sporen, während der obere Theil die kleinen stäubenden Sporen trägt.

Man nennt die kleinen Sporen Kleinsporen (Mikrosporen), und die grösseren Grosssporen (Makrosporen.

Was hat nun dieses doppelte Vorkommniss von Sporen zu bedeuten?

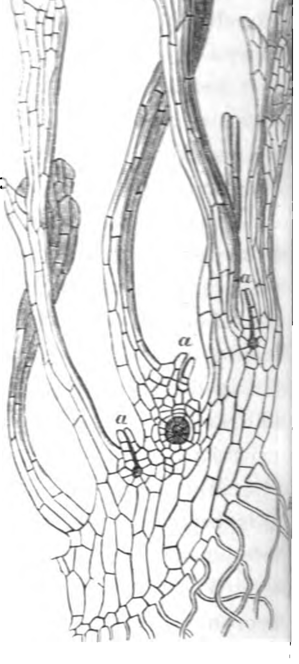
Den Schlüssel zur Lösung dieser Frage liefern uns nun schon jene Pflanzen, welche nur Mikrosporen besitzen. Wir haben oben gesehen, dass aus einer Farnspore ein Prothallium erwächst, das männlich und weiblich zugleich ist; oder vielmehr ein Prothallium,

Fig. 5.

Ackerschachtelhalm.

Ein grosses weibliches und ein kleines männliches Prothallium. *a* Geschlechtsorgane. *B, C, D* und *E* sind Spermatozoiden. Vergr. verschieden stark. 60 bis 1500. (Nach Hofmeister und Schacht.)

Fig. 6.

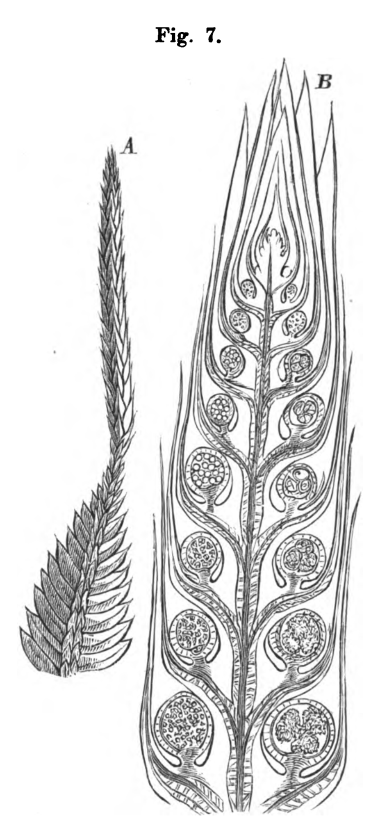


das in der einen Hälfte männlich und in der anderen Hälfte weiblich ist. Würde man es quer durchschneiden, so hätte man zwei sexuell von einander vorschiedene Hälften.

Wenn man nun aber einige Sporen eines Schachtelhalmes in der Weiterentwicklung verfolgt, so sieht man schon nach ein paar Wochen, dass sich nicht alle

gleich verhalten. Manche bilden nur ein kleines Prothallium aus, welches männlich ist, also nur Antheridien entwickelt. Andere wachsen zu einem mehrmals grösseren Prothallium aus, das rein weiblich bleibt. (Fig. 5 und 6.)

Fig. 7.



Bärläppchen, *Selaginella*.
A sporentragender Zweig; *B* Spitze desselben mit Kapseln, welche theils Gross-, theils Kleinsporen zeigen. (Nach Sachs.)

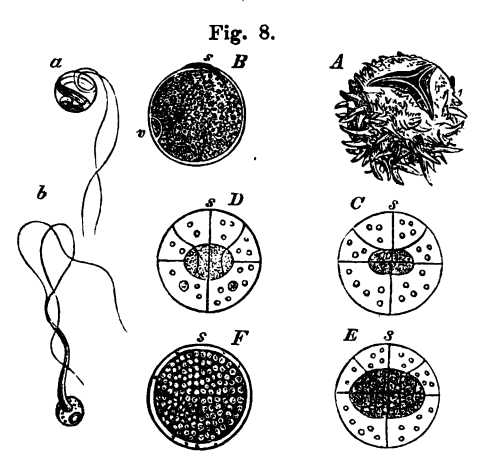
Während also die echten Farne zwitterige Prothallien besitzen, zeigen die Schachtelhalme (fast nur) männliche und weibliche.

Es findet also zwischen den einzelnen Sporen der Schachtelhalme, obwohl sie äusserlich nicht von einander verschieden sind, doch ein innerer Unterschied statt, weil die einen männlich und die anderen weiblich sind. Dies vorangeschickt, wollen wir nun die Keimung der Mikro- und

Makrosporen bei einem Bärläppchen *(Selaginella)* näher verfolgen (Fig. 7).

Vor allem Anderen fällt hierbei auf, dass sowohl die kleinen, als auch die grossen Sporen nur ganz unbedeutende Prothallien liefern. Ja, diese Prothallien

Fig. 8.



Keimung der Kleinsporen eines Bärläppchens. (Nach Millardet.)

A Kleinsporen von aussen; *B* bis *E* Kleinsporen in Keimung begriffen, mit Zelltheilungswänden versehen; *a b* Spermatozoiden.

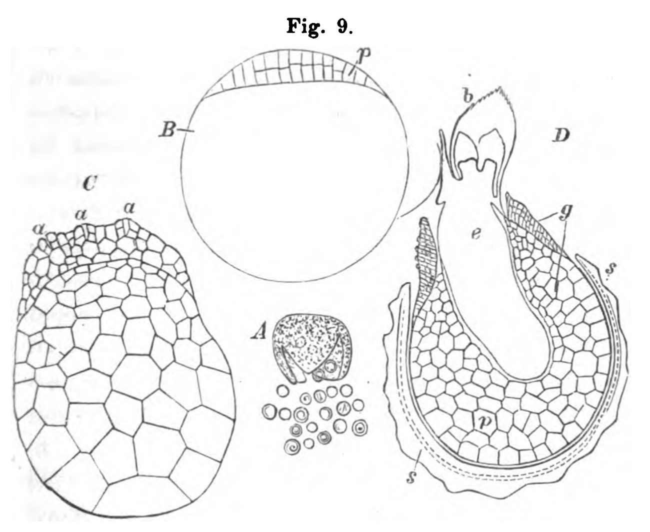
sind so klein, dass sie in der Spore eingeschlossen bleiben. Man kann aber in den kleinen Sporen mit Sicherheit die Entstehung von Spermatozoiden und in den grossen leicht die Bildung von Eiern und Archegonien constatiren. (Fig. 8 und 9.)

Man sieht also, dass die kleinen Sporen männlich sind und die grossen weiblich. Und dieser Unterschied

drückt sich schon in der Grösse aus. Aus den befruchteten Eiern entwickeln sich genau so wie bei den Farnen die asexuellen Individuen.

Wir haben daher bei den Bärläppchen (oder Selaginellen) ebenso wie bei den echten Farnen einen Ge-

Fig. 9.



B bis *D* Grosssporen vom Bärläppchen im centralen Längsschnitte. (Nach Hofmeister.) *A* Kleinspore, reif und Spermatozoiden entleerend. *C*, *a* weibliche Organe; *p*, *g* Vorkeime, *e* Embryo, *b* Blatt.

nerationswechsel, und der Unterschied besteht nur darin, dass erstens zweierlei Sporen (männliche und weibliche) vorhanden sind, und zweitens, dass die entwickelten Prothallien ganz klein bleiben, so dass sie in der Spore eingeschlossen verharren.

Offenbar wird durch diese Kleinheit und Unkenntlichkeit der verborgenen Prothallien der ganze Generationswechsel schwer auffindbar und versteckt. Die geschlechtliche Generation ist fast ganz unterdrückt, aber sie existirt nichtsdestoweniger ebenso wie bei den Farnen.

Wir sehen überhaupt, dass je weiter wir in der Reihe von den Moosen zu den Farnen und durch die Bärlappgewächse und Wasserfarne zu den Bärläppchen hinaufsteigen, desto kleiner und unscheinbarer die Prothallien werden. Je höher wir in der Reihe der Gewächse hinaufsteigen, desto mehr wird die sexuelle Generation unterdrückt, desto mehr tritt die asexuelle in den Vordergrund. Bei den Moosen ist die sexuelle Generation die stets vor die Augen tretende. Betrachtet man einen grünen Moosteppich, so sieht man eine zusammenhängende Vegetation von Prothallien. Das, was als Moos (ohne die sogenannte Moosfrucht!) bekannt ist, ist die sexuelle Generation, ist der Vorkeim. Er ist bei den Moosen, quantitativ, die Hauptsache. Die Mooseier, welche sich in den an der Spitze der Moosstämmchen befindlichen Archegonien entwickeln, liefern nach der Befruchtung die sogenannten Moosfrüchte. Diese Moosfrüchte bestehen nur aus einer Kapsel mit Deckel, in welcher die Sporen entwickelt werden, und aus einem Stiele. Sie sind also sehr unvollkommen entwickelt, so unvollkommen, dass sie für sich allein gar nicht existiren könnten; sie bleiben daher mit dem Mutter-Prothallium in Verbindung,

werden von demselben ernährt. Das, was uns also in der vollständigen Moospflanze entgegentritt, ist nicht eine einzige Pflanze, sondern besteht aus zwei Individuen derselben Art, die aber zwei verschiedenen Generationen angehören und voneinander wesentlich verschieden sind. Der untere Theil besteht aus dem meist einen Stengel und Blätter aufweisenden, grünen, fortwachsenden, sexuellen Prothallium; der obere Theil besteht aus der ungeschlechtlichen Generation, die die Sporen erzeugt und fast nur auf die Kapsel reducirt ist.

Während also bei den Farnen beide Generationen vollständig getrennt sind und die sexuelle Generation die reducirte ist, verhält sich die Sache bei den Moosen gerade umgekehrt; beide Generationon sind hier miteinander zu einem Scheinindividuum verwachsen, und die asexuelle ist die reducirte; so wie die Mistel auf den Bäumen, schmarotzt sie auf dem Prothallium.

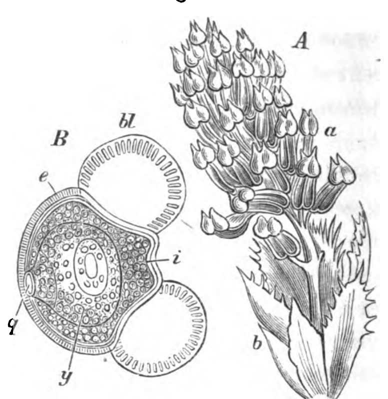
Von den Bärläppchen hinauf sind die nächsthöheren Pflanzen die Zapfenbäume (Cycadeen), dann die Nadelhölzer (Coniferen), die Gnetaceen und die monocotylen und dicotylen Angiospermen.

Die Nadelhölzer sind allbekannt. Eine monocotyle Angiosperme ist z. B. die Schwertlilie, eine dicotyle der Hopfen. Die Gnetaceen und Cycadeen sind weniger gewöhnliche Pflanzen und sollen weiterhin nicht berührt werden.

Wollen wir nun bei diesen Gewächsen, also hauptsächlich bei den Nadelhölzern und Angiospermen nach

dem Generationswechsel suchen, so müssen wir uns selbstverständlich an jene Organe halten, welche der Fortpflanzung dienen, also an die Blüthen. Untersuchen wir z. B. eine blühende Tanne, so bemerken wir sofort, dass der Baum zweierlei Blüthen hat. Die

Fig. 10.



Edeltanne.

A Kleinsporenstand (sogenannte männliche Blüthe); *B* eine Kleinspore (sogenanntes Pollenkorn), mit zwei blasigen lufterfüllten Anschwellungen der Aussenhaut und mehreren Zellen im Innern. (Nach Sachs und Schacht.)

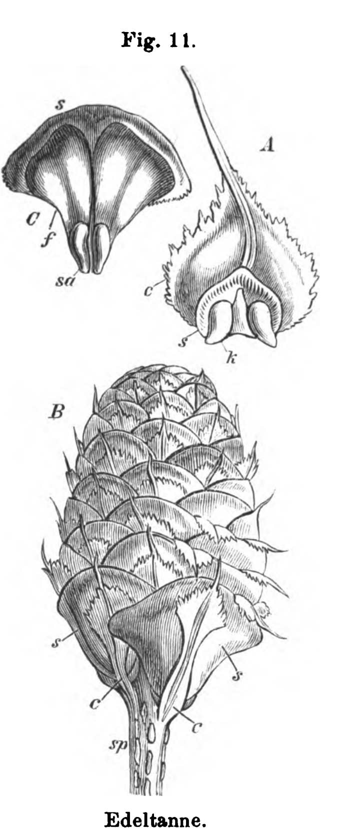
einen sehen aus wie Kätzchen, beim Schütteln stäuben sie stark und entlassen hiebei eine grosse Menge kleiner Körnchen (hier Blüthenstaub genannt), welche uns sofort an die Mikrosporen erinnern. (Fig. 10.) Wir wissen in der That, dass dieser Blüthenstaub zum Befruchten der Blüthen dient, und erinnern uns hiebei daran, dass ja auch die Mikrosporen der Selaginellen

und verwandten Pflanzen denselben Zweck haben. Finden wir nun noch in den Körnchen des Blüthenstaubes, wie dies thatsächlich der Fall ist, Zellen, welche als rudimentäres Prothallium gedeutet werden können, so werden wir mit Recht sagen können, dass der sich entwickelnde Pollenstaub der Nadelhölzer nichts Anderes sein kann als die sehr stark reducirte männliche Generation, während das Blüthenkätzchen nichts Anderes als ein Sporenstand ist, völlig analog dem oberen Theile der Sporenähre von Selaginella. Der ganze Baum ist daher die asexuelle Generation, welche die Sporen erzeugt.

Wo finden wir nun aber die (weiblichen) Makrosporen?

Offenbar dort, wo sich die Frucht entwickelt. Diese ist aber bei der Tanne ein Zapfen, der schon zur Blüthezeit deutlich zu erkennen ist. Man bemerkt leicht, dass derselbe aus einer Axe oder Spindel von zahlreichen spiralig angeordneten und sich deckenden Schuppen aufgebaut ist. Am Grunde jeder Schuppe finden sich, wie allgemein bekannt ist, am reifen Zapfen zwei Samen. Diese Samen sind hier nicht in einer Frucht eingeschlossen, sondern sie liegen frei und nackt da, weshalb die Nadelhölzer zu den nacktsamigen Gewächsen gezählt werden. (Fig. 11.) Diese zwei Samen entwickeln sich nun aus zwei kleinen eiförmigen Körpern, welche nebeneinander am Grunde der Schuppen des jungen Zapfens sich finden. Diese Körper werden Samenknospen genannt. Sie bestehen

Fig. 11.



Edeltanne.

A Schuppe mit zwei Samenknospen (Grosssporenbehältern), aus welchen schliesslich (Fig. *C*, *sa*) die Samen werden. *B* oberer Theil eines sogenannten weiblichen Blüthenzapfens, d. h. Grosssporenbehälterstandes. (Nach Schacht.)

aus einer Hülle und einem Kern. In dem letzteren befindet sich eine Zelle (Embryosack genannt), in welcher einerseits Zellen auftreten, die als Prothallium gedeutet werden, anderseits Gebilde, welche ganz so aussehen wie die Archegonien der Bärläppchen, so dass kein Zweifel obwalten kann, dass der Embryosack in der Samenknospe der Tanne nichts Anderes als die mit der Mutterpflanze in Verbindung bleibende Makrospore ist, in welcher deutliche Archegonien und ein rudimentäres Prothallium entstehen. Der weitere Verfolg lehrt nun in der That, dass nach der Befruchtung der Samenknospe die

junge ungeschlechtliche Pflanze in dem Archegonium entsteht. Sie entwickelt sich aber nur bis zum Keime, der in dem Samen, welcher indessen aus der Samenknospe erwachsen ist, einen Ruhezustand eingeht, aus welchem er erst beim Auskeimen erwacht.

Wir haben nun die Samenknospe als ein Behältniss kennen gelernt, welches eine Makrospore einschliesst, in welcher Makrospore sich Archegonien entwickeln, in denen die neue Generation entsteht.

Was ist nun also der Nadelholzsame? Nichts Anderes als der Behälter der Makrospore, welcher während der Entwicklung eines Eies zum ruhenden Keime sich auch weiter verändert hat und nun den letzteren einschliesst.

Man bemerkt sofort, dass solch ein Same demnach ein höchst merkwürdiges Gebilde ist, denn er besteht aus Theilen von drei verschiedenen Generationen. Die Hülle des Samens gehört der (1.) ältesten Generation an; das Gewebe des Kernes, in welchem der Embryo liegt, besteht aus dem weiter entwickelten Prothallium (2., geschlechtliche Generation), der Keimling endlich ist die 3. Generation, das Product der zweiten.

Man ersieht aus der ganzen Darstellung, dass von den Moosen angefangen alle Bindeglieder bis zu den Nadelhölzern vorhanden sind, so zwar, dass wir im Stande sind, alle Organe der einen Gruppe auf die der andern zurückzuführen, ohne dass ein begründeter Zweifel vorhanden wäre, so verschieden auch diese Organe aussehen mögen. Wir haben aber auch durch

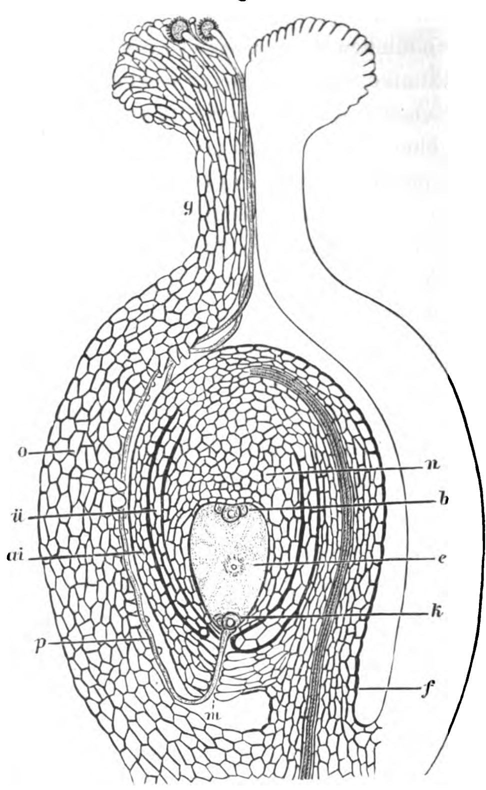
die aufgedeckten Thatsachen die grosse Kluft, welche scheinbar zwischen den Pflanzen, welche Samen bilden, und jenen, welche nur Sporen besitzen, überbrückt und uns überzeugt, dass die samenbildenden Nadelhölzer eigentlich auch Sporenpflanzen sind, aber Sporenpflanzen, deren Makrosporenbehälter sich zu Ruhezuständen entwickeln, die die junge dritte Generation einschliessen. Haben wir nun den Generationswechsel der Nadelhölzer erkannt, so wird es uns nun zum Schlusse auch nicht schwer werden, den noch verschlosseneren unserer gewöhnlichen Blüthenpflanzen zu verstehen.

Betrachten wir uns zu dem Ende eine blühende Rose. Wir sehen zunächst aussen den Kelch und dann die wohlriechende Blumenkrone. Kelch und Krone sind offenbar nur Hüll- und Schutzorgane für die edleren und wichtigeren Theile, welche sie in der Knospe umschliessen. Ich meine hiemit die Staubgefässe und den Fruchtknoten. Die ersteren sind bei der Rose sehr zahlreich, und es ist ohneweiters klar, dass die Staubbeutel Sporenbehälter sind und dass der Blüthenstaub so wie bei den Nadelhölzern die Mikrosporen darstellen, aus welchen die männlichen Prothallien der zweiten (sexuellen) Generation entstehen. Aber es kommt gar nicht zur Entwicklung eines Mikroprothalliums, denn das auf der Narbe des Fruchtknotens zum Pollenschlauche auswachsende Pollenkorn besteht nur aus einer einzigen Zelle, welche also das Antheridium selbst darstellt, und ein eigentliches männliches Prothallium fehlt.

Die weiblichen Makrosporen werden wir natürlich im Fruchtknoten suchen. Dieser besteht bei der Rose aus zahlreichen von einander völlig getrennten Theilfruchtknötchen, von welchen jedes eine einzige kleine Samenknospe einschliesst. In der Samenknospe werden wir, so wie bei den Nadelhölzern, den Makrosporenbehälter *(Macrosporangium)* erkennen, der eine Grossspore einschliesst. Jede Samenknospe besteht nämlich aus zwei dünnen Hüllen und einem Kerne. Dieser letztere schliesst nun eine rundliche Zelle ein (Embryosack), in welcher das Ei entsteht. Neben dem Ei zeigen sich hier aber noch fünf andere Zellen, welche theils als Rudimente eines Archegoniums, theils als solche vom Prothallium betrachtet werden können. (Fig. 12.) Wir haben also auch in dem Fruchtknoten der Rose die Makrosporangien, Makrosporen, Archegonien und weiblichen Prothallien erkannt. Aus dem Ei entsteht der Keim, die dritte (ruhende) Generation, welche beim Auskeimen der Früchtchen zur neuen asexuellen Pflanze wird.

Während die männlichen Sporen in Folge ihrer Freiheit und Beweglichkeit ein gewisses selbstständiges Dasein führen und thatsächlich selbstständige Pflanzen darstellen, bleiben die weiblichen Makrosporen im Fruchtknoten eingeschlossen und lassen sich noch lange von der Mutterpflanze ernähren. Sie trennen sich erst als junge Keime, an denen man Blatt, Wurzel und Stengel unterscheiden kann, von dem Muttergewächse ab, in Form von Samen oder (z. B. gerade bei

Fig. 12.



Schematischer Längsschnitt eines Fruchtknotens (Kapsel mit Grosssporenbehältern), welcher nur eine Samenknospe (Grosssporenbehälter) enthält.

Oben die Narbe, *g* Griffel, *v* Wandung des Fruchtknotens, *f* Stiel *(funiculus)*, *n* Kern, *ii* innere, *ai* äussere Hülle der Samenknospe, *e* Embryosack (Grossspore) mit dem Ei *k* und den Antipodenzellen *b* (Vorkeim?). An der Narbe sitzen zwei stachelige Pollenkörner (Kleinsporen), welche lange Pollenschläuche *p* zum Theil den Kanal (Mikropyle) *m* bis zum Ei *k* treiben, dieses befruchtend. (Nach Lürssen.)

der Rose) Früchtchen durch mannigfaltige Hüllen vor der rauhen Aussenwelt geschützt.

So sieht es mit dem Generationswechsel im Pflanzenreiche aus! Und nun ist es verständlich, welch' ein Fleiss und Genie dazu gehörte, die Fülle von verborgenen Thatsachen aufzudecken, ihren Zusammenhang zunächst zu ahnen und dann zu beweisen, Thatsachen, welche den Generationswechsel bei den höchsten Pflanzen bilden. Ein Vorgang, der vor urdenklichen Zeiten, als die Moose, Farne und Bärlappe die höchststehenden Organismen der Pflanzenwelt waren, als noch nicht fertige Blumen und die Königin dieser, die Rose, die Fluren belebten, klar und deutlich zu Tage lag, hat sich bis in die höchsten Regionen der heutigen Pflanzenwelt erhalten, ein mächtiges Bindeglied aller höheren Gewächse, der rothe Faden der Herkunft und Abstammung, der uns zeigt, wie alle höheren Gewächse von den Moosen aufwärts einen grossen Verwandtschaftskreis bilden, so verschieden sie auch sein mögen. Vor dem geistigen Auge eines Wilhelm Hofmeister verschwanden zuerst alle die hochaufgethürmten Schranken, welche die Sporen- und Samenpflanzen, die Blüthenlosen und Blüthenpflanzen, die Phanerogamen und Kryptogamen voneinander trennten! Wie zwei Fremdlinge standen früher Farnkraut und Blumen nebeneinander! Weit von einander wies sie der Forscher und nicht zu ahnen vermochte er die mächtige Kette des Generationswechsels, welche beide einander so nahe bringt.

Die klare Erkennung des Generationswechsels der höheren Pflanzen ist eine der grössten Errungenschaften wissenschaftlicher Natur dieses Jahrhunderts!

Drum Ehre und Bewunderung seinem Entdecker: Wilhelm Hofmeister!

Literatur.

1. Adalbert von Chamisso. Von G. Hesekiel.

2. Reise um die Welt mit der Romanzoff'schen Entdeckungsexpedition in den Jahren 1815—1818 auf der Brigg „Rurik“, Capitän Otto von Kotzebue. Von A. v. Chamisso.

3. Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen. 1851. Von Wilhelm Hofmeister.

Das Leben der Moose.

Geschildert am

Widerthonmoos *(Polytrichum commune)*.

Ein Vortrag

gehalten

im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 30. November 1887

von

Prof. Dr. Franz Ritter v. Höhnel.

Mit fünf Abbildungen im Texte.

Wien, 1888.

Selbstverlag des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Wenn wir, von den höheren Pflanzen ausgehend, in der Reihe der vegetabilischen Organismen abwärts steigen, so gelangen wir durch die Farnkräuter, Schachtelhalme und Bärlappe zu einer kleinen und bescheidenen Gruppe von Formen, die durch ihre einfache Lebensweise und die damit verbundene Allgegenwart ebenso auffallen als durch ihre Zierlichkeit und Lieblichkeit. Wer in der That an einem schönen Frühlingstage offenen Auges und mit Sinn und Verständnis für die Größe und Schönheit der Natur auch im Kleinen begabt, im feuchten Walde alle die Herrlichkeiten der Moosdecke zu bewundern Gelegenheit gehabt hat, und noch mehr, wer mit bewaffnetem Auge auch alle die inneren Schönheiten der Moose kennen gelernt hat, der wird es begreifen, wieso das Studium der Moose allein das ganze Leben nicht weniger bedeutender Männer ausgefüllt hat, und der wird auch die Begeisterung derselben für die so reizende Mooswelt zu würdigen verstehen. Dem Forscherfleiße namentlich einer Reihe deutscher Botaniker verdanken wir nun eine so genaue und ausführliche Kenntnis der Moose, dass kaum eine zweite Gruppe von Organismen existiert, die so genau und erschöpfend erkannt ist.



Es ist daher der Naturforscher in der Lage, von den Moosen ein vollendetes Bild zu entwerfen, und ist nunmehr auch das angesammelte Material von Forschungsresultaten ein so großes, dass nur ein winzig kleiner Theil desselben in den Rahmen eines kurzen Vortrages eingepasst werden kann.

Es kann daher auch nicht meine Absicht sein, in diesem Vortrage eine möglichst allgemeine Darstellung von der Mooswelt zu bieten — denn eine solche würde nicht nur zu weit führen, sondern auch weniger verständlich sein als die Schilderung des Baues und Lebens charakteristischer Repräsentanten derselben.

Ein solches typisches Moos ist das sogenannte Widerthonmoos *(Polytrichum)*. Die Polytrichaceen oder Widerthonmoose gehören zu den größten und schönsten unserer Moose. Sie erreichen manchmal eine Höhe bis zu 20 *cm* und erscheinen daher schon aus diesem

Fig. 1. *Polytrichum commune* L.

Rechts eine männliche Pflanze; in der Mitte eine weibliche Pflanze mit Kapsel, welche von der Haube bedeckt ist. Bei der Pflanze links ist die Haube bereits abgefallen. (Nach Lürssen.)

Grunde als besonders zur näheren Betrachtung geeignet. Gewöhnlich bilden sie lockere Rasen. Sieht man einige solcher Rasen, wie sie sich z. B. auch im Wienerwalde massenhaft finden, besonders an feuchten, schattigen Waldrändern, näher an, so erkennt man alsbald, dass sie zweierlei Art sind. Bald findet man Rasen, deren Stämmchen an der Spitze einen borstenähnlichen Stiel besitzen, der eine Kapsel trägt, die von einer haarigen Haube bedeckt ist, und bald wieder andere, welche an der Spitze schalen- oder schüsselförmig verbreitert sind und daselbst nie eine Kapsel tragen. Ferner bemerkt man, dass die Stämmchen anscheinend einfach und unverzweigt sind. Sieht man aber näher zu, so findet man, dass diese Einfachheit nur scheinbar ist, indem häufig zwei und mehrere Stämmchen an der Basis zusammenhängen, also durch Verzweigung aus einem hervorgegangen sind. Es sind daher unsere Moosstämmchen häufig verzweigt, die Zweigbildung findet aber in unserem Falle fast nur an der Basis statt. Befreit man nun ein Moospflänzchen sorgfältig von Erde, so bemerkt man ohneweiters, dass der Stamm kein unteres natürliches Ende besitzt, sondern im Gegentheil daselbst abgestorben, vermorscht, humificiert ist. An der Spitze wächst das Moosstämmchen fortwährend weiter, während es an der Basis abstirbt. Daraus ist zu ersehen, dass das Moosstämmchen ein ausdauerndes Pflänzchen darstellt. Es ist auch klar, dass auf diese Weise eine Moospflanze ein sehr hohes Alter erreichen kann. Dasjenige, was jeweilig

sichtbar ist, ist freilich nur ein paar Monate oder Jahre alt, aber die Pflanze als Ganzes kann tausende von Jahren alt sein. Es liegt kein Grund vor gegen die Annahme, dass wenigstens einzelne Moosstämmchen, z. B. in Torfmooren, schon viele tausende von Jahren fortwachsen, ja vielleicht schon hunderttausende von Jahren. In diesem Sinne würden die Moose zu den ältesten Organismen der Erdoberfläche gehören. Man darf dabei nicht vergessen, dass ja auch bei anderen alten Organismen, z. B. großen Bäumen, dasjenige von ihnen, was man von außen sieht, z. B. die Rinde, die Äste, Blätter und Blüten, nicht alt ist. Die Rinde wird von innen auch neu nachgebildet und von außen abgerieben, so dass ihre äußeren Partien meist nur ein paar Jahre alt sind. Nur das innerste Holz, das aber häufig herausfault, ist von dicken Stämmen wirklich alt, alles andere ist mehr oder weniger jünger. Es erscheint daher durchaus logisch, die ausdauernden Moose als unter Umständen sehr alt werdende Pflanzen zu bezeichnen. In der That kann man in solchen Fällen, wo die unteren absterbenden Theile von Moosen durch einen Überzug von Kalk gleichsam versteinert werden, wie dies z. B. bei jenen der Fall ist, welche beim sogenannten Wasserfalle von Terni am Velino wachsen, sehen, dass die Moose hundert und mehr Meter hoch werden, wozu jedenfalls große Zeiträume gehören. In diesen versteinerten Moospolstern von Terni sind ganze Steinbrüche angelegt, in denen man ganz deutlich einzelne Moosstämmchen viele Meter weit hinauf verfolgen

kann. Dieses fortwährende Absterben der Moosstämmchen von unten her bringt aber auch eine andere Thatsache mit sich. Da sich nämlich die Stämmchen verzweigen, so werden fort und fort durch das Vermodern der Abzweigungsstellen die Seitenzweige von der Mutterpflanze getrennt und auf diese Weise selbständig. Es findet also auf diese Weise auch zugleich eine vegetative Vermehrung der Moose statt. Diese Vermehrung hat dabei die Eigenthümlichkeit, dass die Tochterpflanzen nichts anderes als frühere fertige Zweige der Mutterpflanze sind, die sich meist in nichts, jedenfalls in nichts Wesentlichem von letzterer unterscheiden. Sie werden daher der Mutterpflanze in allen wesentlichen Eigenschaften gleichen, und es ist klar, dass auf diese Weise oft ein ganzer Rasen, aus hunderten von getrennten Pflänzchen bestehend, eigentlich eine einzige Pflanze darstellt. In der That kann man oft noch die abgestorbenen Partien, z. B. im Moortorfe, weit nach abwärts verfolgen und auf diese Weise den ursprünglichen Zusammenhang aller Einzelindividuen des Moospolsters constatieren.

Betrachtet man nun das lebende Moosstämmchen etwas näher, so sieht man, dass dasselbe mehr oder weniger stielrund ist, an der Spitze mit einer lockeren Knospe endigt, und dass es seiner ganzen Länge nach mit linealen, scharf spitzen Blättern bedeckt ist. Im ganzen sieht es also dem Stengel einer monokotylen Samenpflanze, z. B. einer nicht blühenden Lilie gleich. In der That gehören die Laubmoose zu jenen niedri-

geren, gefäßlosen Pflanzen, welche in ihrer äußeren Form die höheren Pflanzen am deutlichsten nachahmen. Indessen ist diese Ähnlichkeit nur eine äußerliche, denn schon eine flüchtige mikroskopische Untersuchung lehrt uns, dass die Moose außerordentlich einfach gebaut sind, während z. B. die Lilie eine sehr complicierte Anatomie aufweist. Während nämlich die letztere aus einer ganzen Reihe von wesentlich von einander verschiedenen Zellen, ferner Fasern, Gefäßen, Siebröhren und Krystallschläuchen etc. besteht, zeigt unser Moos nur Zellen, die sich allerdings nicht alle gleichen, sich aber zu weitergehenden Umwandlungen, z. B. in Gefäße oder echte Bastfasern, nicht aufschwingen. So zeigt schon ein flüchtiger Blick ins Mikroskop die einfache und niedrige Organisation der Moose. Es sind Zellenpflanzen im Gegensatze zu den Gefäßpflanzen.

Trotz dieser Einfachheit besitzt aber das Moosstämmchen einige wunderbare Anpassungen, welche uns zeigen, dass selbst die einfachsten Pflanzen nach den unwandelbaren Gesetzen der Mechanik und Physik gebaut sind.

Betrachtet man nämlich den Querschnitt eines Moosstämmchens unter dem Mikroskope (etwa bei 300—400facher Vergrößerung), so sieht man, dass die Zellen, welche dasselbe zusammensetzen, theils dünnwandige, theils dickwandige sind. Die Annahme, dass die dickwandigen Zellen wohl dazu da sind, dem Moosstämmchen eine gewisse Festigkeit zu verleihen, ist

naheliegend. Die Pflanzen in der freien Natur müssen eine gewisse Festigkeit und Zähigkeit besitzen, nicht nur, damit sie ihre aufrechte oder sonstige Stellung erhalten können, sondern auch, damit sie all den zerstörenden Einflüssen, die in so vielfältiger Gestalt auftreten, widerstehen können. Wie oft fegt nicht der Sturmwind über die moosbedeckte Heide oder fällt nicht dichter Hagel auf unsere zarten Organismen. Wie würde da unser Widerthonmoos nicht alsbald geknickt und getödtet werden, wenn es nicht durch seine merkwürdige Organisation dagegen geschützt wäre!

Würde nämlich der Moosstamm bloß aus dünnwandigen und kurzen Zellen zusammengesetzt sein, so würde er sehr leicht geknickt oder gebrochen werden können. Dies ist aber nicht der Fall; die Zellelemente, welche den Moosstamm zusammensetzen, sind alle faserartig langgestreckt und außerdem ist ein großer Theil derselben dickwandig. Nun fällt aber noch etwas auf. Man sieht nämlich, wie alle dickwandigen Faserzellen sich am äußeren Umfange des Querschnittes finden, während die Mitte nur aus dünnwandigen Elementen besteht. Diese Anordnung hat ihre Ursache offenbar in mechanischen Principien. Es lehrt nämlich die Mechanik, dass die Biegungsfestigkeit z. B. einer Säule eine um so größere ist, je weiter die eigentlich festigenden Theile in dem Querschnitte des zu biegenden Objectes auseinandergerückt sind. Daraus geht hervor, dass, wenn zwei Säulen oder Träger aus dem gleichen Material auch gleich hoch und gleich schwer sind, sie

doch nicht gleich biegungsfest sein werden. Es wird offenbar jene eine größere Last tragen können, welche einen größeren Querschnitt besitzt. Deshalb macht man z. B. gusseiserne Säulen hohl, um den Querschnitt zu vergrößern, wodurch die festigenden Theile auseinandergerückt werden. Dieses wichtige mechanische Princip, welches der Ingenieur fortwährend anwendet, ist nun bei unserem Moosstämmchen aufs schönste verwirklicht. Ein denkender Ingenieur hätte dasselbe aus dem gleichen Materiale nicht biegungsfester herstellen können.

Dabei darf aber auch das nebensächliche Moment nicht vergessen werden, dass es auch aus anderen Gründen für jede Pflanze von Vortheil ist, wenn die festen, derben Theile derselben nach außen gerückt sind und so eine schützende Decke für die inneren zarten und weichen bilden, welche sonst auch den Angriffen der Thierwelt mehr exponiert wären.

Es taucht nun die Frage auf: Ja sind denn die Fasern im Moosstämmchen so fest, dass sie den mechanischen Anforderungen entsprechen, welche man ihnen zuerkennt? Die Antwort lautet auf Grund von eingehenden Untersuchungen bejahend. Die Untersuchungen zeigen uns, dass die Festigkeit der Moosstämmchenfasern eine sehr hohe ist, wenn sie auch nicht so groß ist wie z. B. jene vom Flachs, Hanf etc. Wenn man die Festigkeit von Fasern feststellt, so geht man hiebei meist in der Weise vor, dass man dieselben irgendwo aufhängt und dann am unteren Ende Gewichte anbringt,

welche man allmählich vermehrt, bis ein Zerreißen der Faser eintritt. Ist die Faser doppelt so dick, so wird auch das zweifache Gewicht nöthig sein, woraus hervorgeht, dass sich eine bestimmte Gewichtsangabe stets nur auf einen bestimmten Querschnitt beziehen kann. Gewöhnlich berechnet man derartige Festigkeitsversuche mit Fasern so, dass man ermittelt, wieviel Kilogramm Belastung nothwendig sind, um ein Fasernbündel zu zerreißen, das an der Risstelle einen festen Querschnitt von 1 *qmm* besitzt. Man nennt die Kilogrammzahl pro 1 *qmm* festen Querschnitt (im Momente und an der Stelle des Reißens) den Festigkeitsmodul der Faser. Eisendraht hat einen Festigkeitsmodul von 20—30 *kg*, die Fasern der höheren Pflanzen einen solchen von 16—25 *kg*, die Moosfasern von 7—11·5 *kg*.

Wenn man nun bedenkt, dass die Moose nur kleine Organismen sind, an deren Festigkeit noch lange nicht jene großen Ansprüche gestellt werden wie bei den hohen mono- und dikotyledonen Pflanzen, so muss die constatierte Festigkeit ihrer Fasern als eine sehr bedeutende bezeichnet werden.

Gehen wir nun weiter und betrachten wir uns die Blätter des Widerthonmooses etwas näher. Zunächst bemerken wir, dass jedes Blatt aus zwei Theilen, nämlich einer dem Stengel angeschmiegten Scheide und einer flachen Spreite besteht. Ferner erkennt man, dass die Blätter nicht regellos am Stamme vertheilt sind, sondern ganz regelmäßig, so zwar, dass die Distanz

der Blätter voneinander eine vollständig geregelte ist. Verbindet man die Blattbasen der aufeinander folgenden Blätter mit einer Linie, so sieht man, dass diese Linie eine ganz regelmäßige Spirale darstellt, welche um den Stamm herumläuft. Auf dieser Linie sind die Blätter annähernd gleichmäßig vertheilt. Daraus ergibt sich ohneweiters, dass sich die Anordnung der Blätter mathematisch feststellen lässt, und dass man also z. B. durch eine mathematische Formel angeben kann, welche Blattstellung vorhanden ist. Diese mathematische Regelmäßigkeit an organischen Objecten hat früher vielfältiges Staunen hervorgerufen, während man jetzt die — höchst einfachen — Ursachen dieser Verhältnisse genügend erkannt hat, um denselben das Gewand des Wunderbaren zu nehmen. Doch würde es den Rahmen dieses Vortrages weit übersteigen, wollte ich hier auch auf die Geheimnisse der Blattstellungen eingehen, weshalb wir uns damit begnügen müssen, constatiert zu haben, dass auch am Moosstämmchen unerwartete mathematische Gesetze vorkommen.

Sehen wir nun von der Blattstellung ab und betrachten wir das einzelne Blatt näher, so fällt uns zunächst die Blattscheide auf. Diese umgibt den Stengel in Form eines Halbcylinders; da nun die Blätter ziemlich dicht stehen, so erscheint der Stengel ganz bedeckt mit den sich übereinander schiebenden Scheiden der successiven Blätter. Da nun die Blattscheiden, wie die Untersuchung lehrt, ziemlich feste Gebilde sind, so ist klar, dass diese zum Theile mehrfache Um-

scheidung die Steifheit und Elasticität der Stämmchen nicht wenig erhöhen muss.

Viel wichtiger ist indessen eine andere Function der Blattscheiden. Es ist nämlich klar, dass die Gesammtheit der Blattscheiden einen zum Theile mehrfachen cylindrischen capillaren Raum um den Stamm bilden muss, welcher nicht nur eine Art Vorrathskammer für Wasser bilden wird, sondern auch vermöge seiner capillaren Eigenschaften zur Wasserbeförderung von der Basis der Stämmchen zur Spitze dienen können wird. Und so ist es denn auch in der That. Die Moose besitzen, wie schon erwähnt, kein lebendes unteres Stammende; sie haben daher auch keine Hauptwurzel. Aber auch Nebenwurzeln fehlen vollständig. Hingegen sieht man allerdings, wie die Basis der Moosstämmchen mit einem braunen Filz von wurzelähnlichen Haaren bedeckt ist. Diese Wurzelhärchen oder Rhyzoiden sind oft recht lang, verzweigt und bestehen aus einfachen Zellreihen. Sie vermitteln die Aufnahme von verschiedenen Stoffen, z. B. Salzen und wahrscheinlich auch organischen Substanzen aus dem Nährboden, vermögen aber das Moospflänzchen nicht zur Genüge mit Wasser zu versorgen. Die Moose sind daher darauf angewiesen, in sehr feuchtem Boden zu wachsen, in welchem ihre Stämmchen direct in flüssiges Wasser tauchen, oder von oben aus durch Thau, Regen etc. benetzt zu werden. Jene Fähigkeit, welche die höheren Pflanzen besitzen, die letzten Reste von Wasser dem Boden zu entnehmen und zu verwerten, besitzen

die Moose nicht. Dafür sind sie aber mit einer andern Eigenschaft ausgestattet, nämlich mit der, vollständig austrocknen zu können, ohne abzusterben. Diese wichtige Eigenschaft fehlt den höheren Pflanzen gänzlich. Sie müssen daher mit Einrichtungen versehen sein, welche die Gefahr des Austrocknens verhindern. Solche besitzen sie nun in der That. Hierher gehören nicht nur die vollkommenen Wasserleitungseinrichtungen, sondern auch jene, welche zu große Wasserverluste verhindern, und endlich die Wasserreservoire, welche vielen höheren Pflanzen eigen sind.

Von allen diesen Dingen ist bei den Moosen nichts zu finden. So lange sie genügend Wasser zur Verfügung haben, wachsen sie frisch weiter, um dann oft auf Wochen hinaus — ohne Schaden zu nehmen — im trockenen Zustande eine weitere Wachsthumsperiode in einer Art Trocknisschlaf abzuwarten. Jeder Moossammler weiß, dass trocken nach Hause gebrachte Rasen, welche scheinbar leblos sind, unter Wasser getaucht sich binnen ein paar Minuten aufrichten und alsbald so frisch und grün aussehen, als wenn sie stets in einem Überflusse des unentbehrlichen Wassers geschwelgt hätten. Es ist daher für die Moose auch gar nicht so wichtig, ein vollkommen entwickeltes inneres Wasserleitungssystem zu besitzen, sie begnügen sich mit der äußeren capillaren Leitungseinrichtung, welche ihnen die Blattscheiden bieten. Aus diesem Grunde gehören aber die Blattscheiden zu den physiologisch wichtigsten Organen der Moose.

Betrachten wir nun nach dieser Erörterung der Bedeutung der Blattscheiden auch die Spreite etwas näher. Schon mit einer Loupe sieht man, dass die Blattspreite des Widerthonmooses ganz bedeckt ist mit der Länge nach angeordneten dunkelgrünen Lamellen, von welchen jede aus einer Schichte von dünnwandigen chlorophyllreichen Zellen besteht. Die Lamellen stellen jenen Theil des Widerthonmooses dar, welcher am chlorophyllreichsten ist. Da es nun, wie bekannt, die grünen Chlorophyllkörner sind, welche allein die Fähigkeit besitzen, aus anorganischen Substanzen, namentlich Kohlensäure und Wasser, jene organischen Körper zu erzeugen, welche zum Aufbaue der Pflanze dienen, so gehören die grünen Lamellen der Moosblätter zu den wichtigsten Organen der Pflanze.

Von vorneherein ist es klar, dass mindestens dreierlei Anforderungen äußerlicher Art an die in Rede stehende Einrichtung gestellt werden können.

Da erstens die Chlorophyllkörner vornehmlich die Kohlensäure der Luft verarbeiten, so ist es klar, dass sie möglichst frei angeordnet sein müssen. Zweitens muss der ganze Assimilationsapparat, der also naturgemäß aus dünnwandigen Zellen bestehen wird, möglichst geschützt sein gegen äußere Agentien, und drittens muss dafür Vorsorge getroffen sein, dass jene Producte, welche in den Assimilationszellen erzeugt werden, auch dem Gewebe des Stammes, sowie den Neubildungsherden der Pflanze zugeführt werden

können. Diese drei, ich möchte sagen grob-mechanischen Bedingungen, welche selbstverständlich nur einen kleinen Theil aller jener Erfordernisse darstellen, welche die Function des Chlorophyllapparates mit sich bringen muss, sind nun bei unserem Widerthonmoose in der schönsten Weise erfüllt.

Es ist ohneweiters klar, dass durch die Anordnung der Chlorophyllzellen in Lamellen dem Luft-, d. h. Kohlensäurebedürfnisse derselben in einfachster und zweckmäßigster Weise Rechnung getragen ist, wobei zugleich aber noch andere Momente, namentlich die sich auf die Festigkeit beziehenden befriedigend berücksichtigt sind. Auch ist sicher, dass die Längsstellung der Lamellen zweckmäßiger als eine Queranordnung derselben ist.

Geschützt werden die Lamellen naturgemäß dann sein müssen, wenn sie infolge des Austrocknens der Moospflanzen in einen Zustand der Ruhe gelangen. Da sieht man nun, wie sich die Blätter nicht nur seitlich zusammenkrümmen, wodurch sie hohlrinnig werden und die ursprünglich voneinander getrennten Lamellen zu einer compacten Masse zusammengedrückt werden, sondern auch, wie sich die Blätter aufwärts krümmen und sich an den Stamm anlegen und so die Lamellen des weiteren vor äußeren Angriffen schützen.

Was nun das dritte Erfordernis anlangt, so sei nur kurz erwähnt, dass jeder Querschnitt eines Moosblattes aufs deutlichste zeigt, wie von den chlorophyllreichen Lamellen förmliche Wege — aus Zellreihen

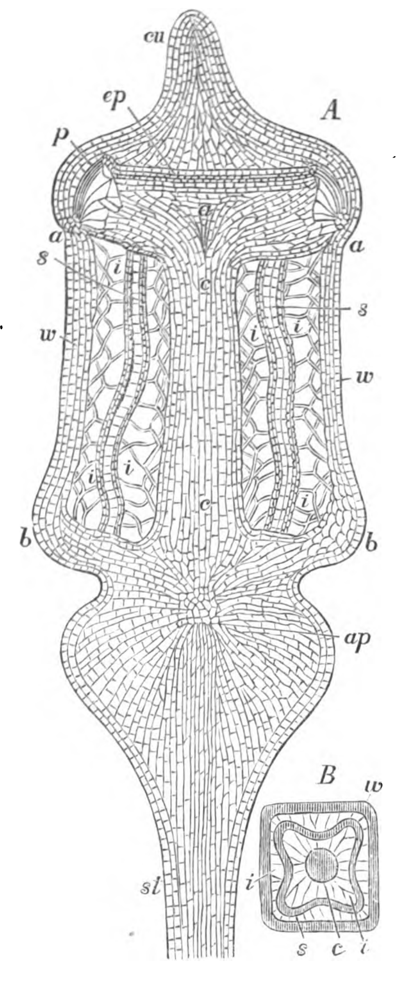
bestehend — zu dem Stamminnern führen, welche zur Ableitung der Productionsresultate der assimilierenden Gewebe dienen.

Nun hätten wir alle leichter verständlichen Verhältnisse des eigentlichen Moosstämmchens besprochen.

Schon oben wurde erwähnt, dass man beim Widerthonmoos stets zweierlei voneinander verschiedene Stämmchen findet: die einen tragen eine Kapsel, die anderen hingegen eine rosettenförmige Krone. Eine nähere Untersuchung lehrt nun, dass man beim Widerthonmoose männliche und weibliche Pflanzen unterscheiden muss. Die weiblichen sind jene, welche die Kapsel tragen.

Untersuchen wir nun zunächst eine kapseltragende Pflanze, so bemerken wir vor allem, dass die Kapsel, welche 4—6seitig ist, auf einem langen Stiele, Seta genannt, sitzt, ferner einen kurz geschnäbelten Deckel aufweist, der wieder von einer Art Haube oder Mütze bedeckt ist, die sehr leicht abzuheben ist.

Vor allem ist es nun die Haube oder Mütze, welche uns durch ihre Eigenheiten auffällt. Sie hat die Gestalt eines schmalen Trichters, der mit seiner Erweiterung nach unten gekehrt ist. Außen ist sie ganz bedeckt mit einem dichten Haarfilz, der offenbar eine ähnliche Rolle besitzt wie der künstlich erzeugte Filz unserer Hüte. In der That ist die Haube der Moose ein Schutzorgan für die sich entwickelnde Kapsel; sie wird als unnütz abgeworfen, sobald die Kapsel ganz reif ist.



Die Mooskapsel selbst nun ist, wie die Figur 2 lehrt, ein ziemlich compliciert gebautes Object. Der obere Theil der Seta *st* ist zunächst keulenförmig verdickt und bildet so die Apophyse *ap*, welche erst die eigentliche Kapsel trägt, die mehr oder weniger urnenförmig, oben von einem spitzen Deckel bedeckt ist. Wo der Deckel auf der Kapsel aufsitzt, bemerkt man (Fig. 2, *a* im Durch-

Fig. 2. *A* **Längsschnitt der Kapsel des haartragenden Widerthonmooses. (Vergr. 15fach.)**

B **Querschnitt desselben Objectes.**

w Kapselwandung, *cu* Deckel, *cc* Columella, *p* Peristom, *ep* Haut, welche die Kapsel verschließt; *a a* Ablösungsring. *i i* Intercellularräume im Chlorophyllparenchym, *s* Sporensack, *st* Seta, *ap* Verdickung der Seta am oberen Ende.

schnitte) einen Ring (Annulus), bestehend aus kleinen dickwandigen Zellen, welcher Ring bei dem mit dem Reifen der Kapsel verbundenen Eintrocknen derselben abspringt und so die Ablösung des Deckels erleichtert. Betrachtet man den Querschnitt einer unreifen Kapsel (Fig. 2, *B*), so sieht man, dass sich in der Achse derselben ein säulenförmiger Gewebscylinder befindet (*c*), welcher als Säulchen (Columella) die ganze Kapsel durchsetzt und oben verbreitert ist. An die Columella schließt sich ein chlorophyllreiches Parenchym, welches große Zwischenzellräume besitzt (*i*); hierauf folgt eine Gewebsschichte, welche als sporenbildend zu bezeichnen ist, da in ihr allein die Sporen entstehen; weiter nach außen folgt wieder eine lockere Chlorophyllzellschichte und endlich die derbe Kapselwandung. Wie aus der Querschnittszeichnung (Fig. 2, *B*) zu ersehen ist, bildet die Sporenschichte *s* einen Hohlkörper, in dessen Achse das Säulchen liegt. Die Menge von Sporen, welche im sogenannten Sporensack erzeugt wird, ist eine sehr große. Eine einfache Schätzung ergibt pro Kapsel eine Zahl von 1—2 Millionen. Alle diese Sporen wollen ausgesäet sein, wollen in alle Winde zerstreut werden. Es ist nun klar, dass auch zu diesem Behufe Vorkehrungen getroffen sein müssen. Untersuchen wir von diesem Standpunkte aus die Beschaffenheit der Moosfrucht, so finden wir zunächst, dass die aufrechte Lage der Kapsel ein wesentliches Moment ist. Würde die Kapsel nach abwärts gekehrt sein, so würden die Sporen alle nach dem Abfallen des Deckels neben der Mutterpflanze auf den

Boden fallen und wegen Mangel an Raum im Rasen zugrunde gehen. Durch die aufrechte Lage der Kapsel ist dafür gesorgt, dass die Sporen nicht ohneweiters herausfallen können. Zu demselben Ende dienen aber auch noch andere Einrichtungen. Man sieht nämlich, dass die entdeckelte Mooskapsel mit einer Membran verschlossen ist, welche am Rande der Kapselöffnung durch 64 kleine Zähne, die durch enge Zwischenräume voneinander getrennt sind, befestigt ist. Es sind daher 64 kleine Öffnungen am oberen Rande der Kapsel vorhanden, welche zur Entleerung der Sporen dienen. Es ist nun selbstverständlich, dass unter den gegebenen Verhältnissen nur dann eine Entleerung der Sporen stattfinden wird, wenn die Kapsel heftig gerüttelt wird, wie dies z. B. im Winde der Fall sein wird. Die austretenden Sporen werden vom Winde erfasst und gleich weit fortgeführt, so wie es im Interesse der Verbreitung derselben ist. Nun wird uns auch verständlich, warum die Mooskapsel auf einem so unverhältnismäßig hohen Stiele sitzt: dieser Stiel ermöglicht die entsprechenden Bewegungen der Kapsel im Winde und macht sie zugleich durch seine Elasticität andauernder. Die Membran hat aber in Verbindung mit der Columella noch eine andere Bedeutung. Die Kapsel ist beim Widerthonmoose ziemlich groß. Ein Regentropfen kann daher leicht in dieselbe eindringen. Die Folge davon wäre, dass die Sporen in der Kapsel nass würden. Sie würden auskeimen und schließlich zugrunde gehen. Durch die Membran wird daher das

Eindringen von Regen verhindert, ohne dass die Sporenausstreuung beeinträchtigt wird. Das Säulchen dient der zarten Membran zur Stütze, und da es gegen die Spitze zu verbreitert ist, so weist es zugleich den Sporen den Weg zu den Löchern zwischen den Zähnen.

Bei anderen Moosen fehlt zwar die Membran, dafür ist aber die Kapsel bedeutend kleiner und mit einem einfachen oder doppelten Besatz von großen Zähnen versehen, welche bei feuchtem Wetter sich gegen die Achse der Kapsel zusammenbiegen und auf diese Weise eine Art Reuse bilden, welche das Regenwasser abhält. Bei trockenem Wetter treten sie wieder auseinander und gestatten den Sporen den Austritt.

Betrachten wir nun die Seta oder den Kapselstiel etwas näher, so sehen wir zunächst, dass auch er so gebaut ist, wie es die mechanischen Grundsätze fordern. Ferner finden wir zu unserem Erstaunen, dass die Seta mit dem beblätterten Moosstämmchen gar nicht verwachsen ist. Sie steckt mit ihrer Basis in einer engen Scheide (Vaginula), aus welcher sie leicht herausgezogen werden kann und in welche sie wieder hineingefügt, ruhig wieder weiterwächst. Es ist dies ohne Zweifel eine höchst merkwürdige Thatsache, deren Ursache uns bald klar werden wird und von welcher wir ein vollständiges Analogon im Pflanzenreiche nicht wieder finden. Wenn sich die Thatsache aber wirklich so verhält, dass die Basis der Seta mit dem Moosstämmchen nicht verwachsen ist, so müssen die Mooskapseln sammt

ihrer Seta selbständige Pflanzen darstellen, und muss ferner dafür gesorgt sein, dass die Seta aus der Scheide (Vaginula) nicht leicht herausfällt und doch genügend Nahrung aus dem Moosstämmchen ziehen kann. Alle diese Folgerungen treffen vollständig zu. Die Mooskapsel stellt sammt ihrer Seta in der That eine selbständige Pflanze dar, welche, sich auf der Mutterpflanze aus einem Ei entwickelnd, mit dieser vereinigt bleibt, bis sie ihre Sporen entleert hat. Die Mutterpflanze stellt als weibliches Individuum die ältere Generation dar, die Sporenkapsel als asexuelle Pflanze die jüngere. Wir sehen also hier nicht nur die merkwürdige Thatsache, dass zwei Pflanzen, welche zu einander in dem Verhältnisse von Mutter und Tochter stehen, miteinander zu einem Scheinindividuum zeitlebens vereinigt bleiben, sondern auch, dass diese beiden Individuen voneinander in der Beschaffenheit und Fortpflanzungsart vollständig verschieden sind, wodurch zugleich ein vollständiger Generationswechsel gegeben ist.

Bevor wir nun aber in den Entwicklungsgang der Moosgenerationen näher eingehen, wollen wir noch die oben berührten Eigenheiten des Fußes der Seta in der Scheide berühren. Damit die Seta nicht leicht und ohneweiters aus der Scheide herausfällt, ist die Oberfläche des Fußes sowohl als auch die Innenseite der Vaginula mit Rauhigkeiten versehen, und ferner der Zwischenraum zwischen Scheide und Fuß mit einer gummiähnlichen Kittsubstanz ausgefüllt, so dass man sagen kann, dass der Fuß der Seta förmlich eingekittet ist.

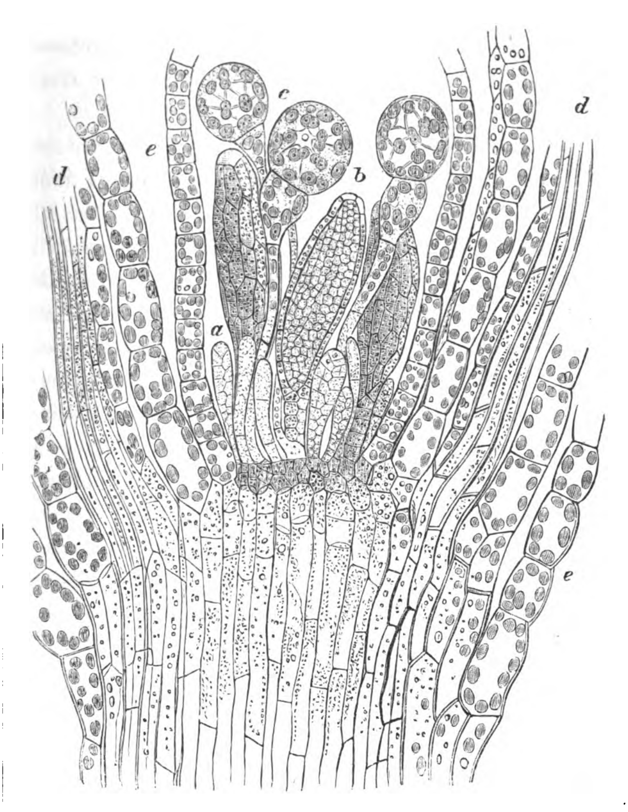


Fig. 3. Längsschnitt des Gipfels einer männlichen Moospflanze (*Funaria hygrometrica*). (Vergr. 300.)

a junge, *b* fast reife Antheridien im Längsschnitt, *c* Saftfäden, *d, e* Längsschnitte von Gipfelblättern.

Nachdem wir nun bisher die vegetativen Eigenheiten der Moose kennen gelernt haben, wollen wir

nun die Art und Weise der Fortpflanzung der Moose studieren, um so zugleich einen Einblick in den Generationswechsel derselben zu erhalten.

Zu diesem Ende betrachten wir uns zunächst die schüsselförmige Erweiterung einer männlichen Pflanze etwas näher (Fig. 1 und Fig. 3). Ohneweiters fällt uns die Ähnlichkeit derselben mit einer Blüte auf. In der That könnte man dieselbe als männliche Blüte bezeichnen, obwohl sie strenge genommen gar keine Blüte im Sinne der eigentlichen Blütenpflanzen ist. Organe, welche diesen „Moosblüten" analog oder homolog wären, existieren bei den höheren Pflanzen gar nicht, ebensowenig wie die niederen Pflanzen Blüten im Sinne der Phanerogamen besitzen, da ihnen die betreffenden homo- oder analogen Organe vollständig fehlen.

Betrachtet man eine solche sogenannte männliche Moosblüte näher, so findet man, dass dieselbe außen von verbreiterten und schön rothbraun gefärbten Schuppenblättern umgeben ist. Der scheibenförmige Mitteltheil ist nun mit eigenthümlichen Gebilden ausgefüllt. Einerseits sind es einfache, aus einer einzigen Zellreihe bestehende kurze Haare, Paraphysen oder Saftfäden genannt, und andererseits dicke, keulenförmige Körper, die einem kurzen Fuße aufgesetzt sind, welche die Scheibe bedecken. Die keulenförmigen Körper haben nun eine besondere Bedeutung, da sie eigenthümliche bewegliche Zellen entwickeln, welche Spermatozoiden genannt werden und die die Eigenschaft haben, mit anderen Zellen, Eier genannt, ver-

schmolzen, diese zu weiterer Entwicklung anzuregen.

Man bemerkt ohneweiters, wie die keulenförmigen Körper, welche man Antheridien nennt, eine einfache Wandung besitzen, welche einen Hohlraum umschließt, der ganz mit kleinen, polyedrischen Zellen dicht angefüllt ist. Ist das Antheridium reif, so sieht man in jeder der kleinen Zellen einen spiralig gedrehten kleinen Körper liegen. Bleibt das Antheridium trocken, so kann es nicht in Function treten. Es vertrocknet einfach und hat seinen Zweck nicht erfüllt. Anders hingegen, wenn auf die männliche „Moosblüte“ ein Regentropfen fällt: da springen alsbald die reifen Antheridien an der Spitze auf und es runden sich zunächst die polyedrischen Inhaltszellen ab, um dann plötzlich in Bewegung zu kommen und in Form einer dichten Wolke, die aus sich lebhaft bewegenden Organismen besteht, auszutreten (Fig. 4). Man sieht, dass sich diese Wolke im Regentropfen rasch zertheilt, und nun schwimmen in diesem eine Menge von sogenannten Spermatozoiden herum, welche einen gewundenen, fadenförmigen Körper besitzen, der am hinteren Ende etwas verdickt ist und am Vorderende zwei Wimpern oder Cilien trägt, welche sich lebhaft bewegen. Mit diesen lebhaft schwingenden peitschenartigen Cilien nach vorwärts gekehrt, schießen diese merkwürdigen mikroskopischen Organismen mit scheinbar großer Geschwindigkeit im Wasser herum. Diese Spermatozoiden bestehen der Hauptsache nach aus

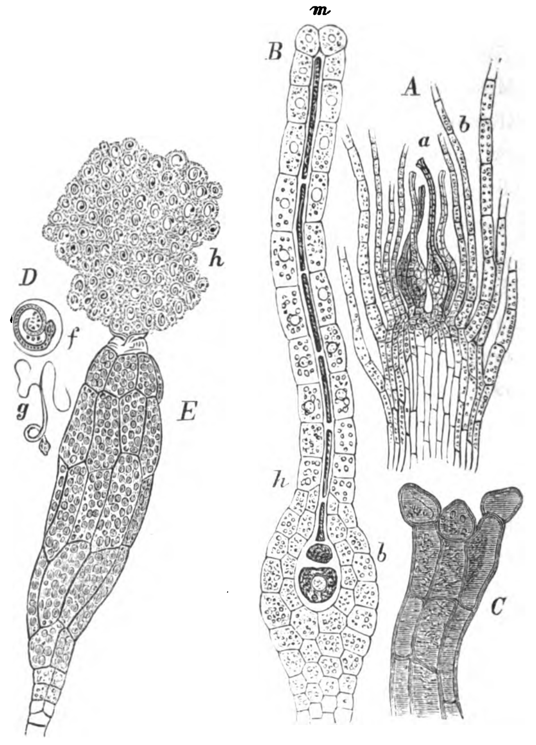


Fig. 4. *Funaria hygrometrica.*

A Längsschnitt des Gipfels einer weiblichen Pflanze (Vergr. 100); *a* Archegonium, *b* Blätter. *B* ein Archegonium 550 mal vergrößert; *b* dessen Bauch, *h* Hals mit Mündung *m* (welche noch geschlossen ist). *C* Mündung im offenen Zustande. *D* Spermatozoiden stark vergrößert; *f* noch in der Zelle, *g* frei. *E* Geplatztes Antheridium; *h* austretende Spermatozoidenwolke.

einem fadenförmigen Stückchen von Protoplasma, nämlich jener merkwürdigen und hochcompliciert zusammen-

gesetzten Substanz, welche als der eigentliche Träger des Lebens angesehen wird. Obwohl die Moosspermatozoiden scheinbar ganz regellos durcheinanderschwärmen, so lässt sich doch zeigen, dass sie gegen gewisse äußere Einflüsse nicht ganz unempfindlich sind, und dass sie, obwohl pflanzlicher Herkunft, doch Geschmack besitzen, und zwar einen Geschmack, der dem von der menschlichen Zunge geäußerten verwandt ist. Gibt man nämlich in den Tropfen Wasser, in welchem sich die Spermatozoiden befinden, etwas Zucker, und zwar gewöhnlichen Rübenrohrzucker, so bemerkt man alsbald, dass sie auf diesen Zucker mit großem Eifer hinstürzen und sich haufenweise bei demselben ansammeln. Ja, man kann die Spermatozoiden eines Tropfens auf diese Weise sogar in einem Glasröhrchen einfangen, wenn man in dieses eine sehr verdünnte Zuckerlösung gibt und in den Tropfen hineinhält. Es dringen dann alle Spermatozoiden in das Glasröhrchen ein. Bemerkenswert ist, dass nicht jede süße Flüssigkeit die Moossamenfäden anlockt. Nimmt man anstatt Rohrzucker Traubenzucker, welcher z. B. die Weinbeere süßt, oder Glycerin, das ja auch süß schmeckt, so bemerkt man gar keine Beeinflussung der Spermatozoiden. Auch ist erwähnenswert, dass die Empfindlichkeit der Moosspermatozoiden gegen Rohrzucker eine sehr große ist. Selbst bei einem Gehalte von einem tausendstel Procent an letzterem findet noch eine merkliche Reaction der Spermatozoiden statt. Es sind daher diese Körperchen ein außer-

ordentlich feines und empfindliches Reagens auf Rohrzucker.

Was haben nun die Spermatozoiden für einen Zweck und welche Bedeutung hat ihre Neigung, auf Rohrzucker zuzustürzen? Die Antwort auf diese Fragen erhalten wir, wenn wir jene Widerthonmoos-Individuen untersuchen, welche im Stande sind, Mooskapseln zu producieren. Da finden wir vor der Entwicklung der Kapsel, zwischen den Schopfblättern verborgen, eigenthümliche flaschenförmige Gebilde stehen, welche man als Archegonien bezeichnet. Betrachtet man ein solches Archegonium (s. Fig. 4) etwas näher, so bemerkt man einen aus mehreren Zellreihen bestehenden Fuß, der einen bauchig angeschwollenen Theil mit zweischichtiger Wandung trägt, welcher in einen langen, engen Hals fortgesetzt ist, der oben zunächst geschlossen ist. Sobald das Archegonium reif ist, ist der ganze Hals, sowie der oberste Theil der größeren Höhlung mit farblosem, zähen Schleim erfüllt, während der untere Theil mit einer schönen, großen, ovalen, nackten Zelle, die man als Ei bezeichnet, ausgefüllt ist. Dieses Ei zeigt einen schönen, runden Zellkern (Fig. 4, *B*).

Fällt nun auf ein derartiges Archegonium ein Regentropfen, so springt dasselbe an der Spitze auf (Fig. 4, *A* und *C*) und es entquillt nun dem Halse ein Theil des Schleimes. Dieser Schleim enthält aber Rohrzucker. Wenn nun in der Nähe dieser weiblichen archegonientragenden Pflanzen eine Gruppe von männlichen Individuen steht, so kann es bei Regenwetter

leicht geschehen, dass solche Regentropfen, welche sich auf männlichen Blüten befinden und in welchen, wie wir sahen, zahlreiche Spermatozoiden herumschwimmen, theilweise auf die weiblichen Pflanzen hinübergeschleudert werden und auf diese Weise Spermatozoiden führendes Regenwasser mit Archegonien zusammenkommt. Die sich lebhaft bewegenden Spermatozoiden werden sich sofort auf den zuckerführenden Schleim, der den Archegonien entströmt, stürzen; sie bohren sich in demselben ein und gelangen durch den Halscanal zum Ei. Ein Samenthierchen verschmilzt mit diesem, indem es an einer bestimmten hyalinen Stelle in dasselbe eindringt, und regt es zu weiteren Entwicklungsvorgängen an.

Das Ei theilt sich in mehrere Zellen (Fig. 5), diese, sowie das ganze Archegonium, welches lange Zeit mitwächst, vergrößern sich, und es entsteht zunächst ein stabförmiges Gebilde, das dann an der Spitze anschwillt. Man erkennt nun leicht den zukünftigen Kapselstiel und die Kapsel. Indem sich nun der Stiel rasch verlängert, wird die junge Kapsel in die Höhe gehoben, und es reißt die Wandung des Archegoniums quer durch, indem die untere Hälfte als Scheidchen oder Vaginula die Basis der Seta umgibt und der obere Theil die Kapsel in Form der Haube bedeckt. Haube und Vaginula stellen daher zusammengenommen das ursprüngliche Archegonium dar. Mooskapsel und Seta haben sich aus dem Ei entwickelt. So wie das Ei frei im Archegonium lag, so befindet sich auch die Seta

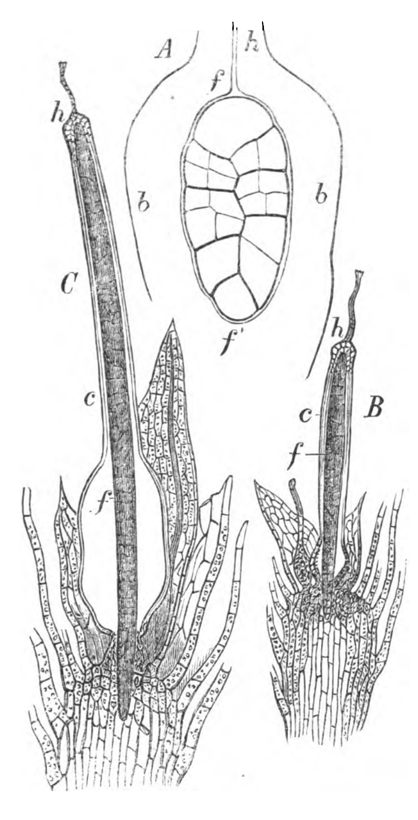


Fig. 5. *Funaria hygrometrica.*

A Anlage der Sporenkapsel; *f f'* im Bauche *b b'* des Archegoniums im Längsschnitte. *B, C* verschiedene Entwicklungsstadien der Kapsel *f*, der Haube *c*; *h* Hals des Archegoniums. Vergr. von *A* 500mal, von *B* 40mal.

ganz frei und unverwachsen, nur mechanisch befestigt in der Vaginula. So erklärt sich die Thatsache, dass die fertige kapseltragende Moospflanze aus zwei Individuen besteht, aus Mutter und Kind. Die Mutter ist eine weibliche Pflanze, das Kind ist asexuell und erzeugt geschlechtslose Sporen.

Nun haben wir zum Schlusse noch zu besprechen, in welcher Weise die genügend beschriebenen männlichen und weiblichen Pflanzen entstehen. Wir haben gesehen, dass die ungeschlechtlicheGe-

neration, die Sporenkapsel, aus dem Ei zustande kommt. Woraus entsteht nun aber die eigentliche beblätterte Moospflanze? Die Antwort lautet: Aus der Spore. Wenn diese auf geeigneten feuchten Boden fällt, so keimt sie aus, sie entwickelt grüne Zellfäden, welche sich verzweigen und eine große Ähnlichkeit mit einer Alge haben. Das erste, was sich also aus einer Moosspore entwickelt, ist eine algenähnliche Pflanze, was wohl darauf hindeutet, dass die Moose aus den Algen hervorgegangen sind, was auch aus anderen Gründen wahrscheinlich wird. Diese algenartigen Zellfäden werden Moosvorkeim oder Protonema genannt. Einige farblos bleibende Fadenzweige des Protonemas dringen in den Boden ein und bilden eine Art Wurzel, während sich die oberirdischen Zweige vielfach verästeln und sich durch Vermittlung ihres reichen Chlorophyllgehaltes selbständig ernähren. Oft bildet auf diese Weise das Protonema Rasen von vielen Quadratcentimetern Oberfläche. Nun entstehen hie und da am Protonema Laubknospen, welche, sich weiter entwickelnd, schließlich die beblätterte Geschlechtsgeneration des Mooses bilden.

Drei Formen höchst verschiedener Art sind es also, welche den Entwicklungskreis der Moose bilden: das algenähnliche Protonema, die höhere Pflanzen nachahmende Geschlechtsgeneration und die biologisch so bemerkenswerte Sporengeneration — alle drei reich an anatomischen und physiologischen Eigenheiten, die lebhaft zu einem eingehenden Studium auffordern.

So sind die Moose nicht nur äußerlich anziehend durch die Zierlichkeit ihrer Formen, sondern auch bei näherer Untersuchung zeigen sie eine Fülle von interessanten Zügen, welche jede Mühe des Studiums reichlich entgelten.

Wir sahen bei den Moosen, also in diesem Reiche von kleinen und meist unbeachteten Organismen, dieselben großen Gesetze der Natur walten, welche das ganze All durchdringend sich stets in gleicher Weise äußern.

Das unbeachtete Moosstämmchen im Walde kann sich ebensowenig den mechanischen Gesetzen entziehen wie der mächtigste Stamm, denn beide sind denselben äußeren zerstörenden Factoren in gleicher Weise ausgesetzt.

Mag man die organische Welt in was immer für Repräsentanten untersuchen, überall drängt sich dieselbe Wahrheit von der Einheit der Welt dem Forscher entgegen.

Je kleiner der untersuchte Mikrokosmos, desto größer die Wunder, desto mehr Unerwartetes stellt sich entgegen. In der That, wer möchte solches Leben, solch scheinbar zielbewusstes Sichentwickeln bei einer so einfachen Pflanzenfamilie vermuthen?

Es zeigt sich eben, dass alles, das Große wie das Kleine, denselben Entwicklungsgesetzen unterworfen, auch in gleicher Weise — aber in seinem Kreise — mit dem vollen Ernste, den der Kampf ums Dasein erzieht, der ewigen Entwicklung oder der Ewigkeit zustrebt — bis unerbittliche Mächte, vielleicht einst die

erkaltende Sonne, oder die immer wasserärmer werdende Mutter Erde, oder eine plötzliche Revolution im Planeten- oder Milchstraßensysteme ein unerwartetes zerstörendes Halt zurufen. — Doch ist dies nur ein scheinbar allgemeines Halt, denn auf anderen Welten blüht und strebt es weiter.

Die große Natur kennt nur den Blick aufs ganze. Das Einzelglück und -Leben wird ebenso zertreten, wie es gegeben wurde. Und so wie die kleine Moospflanze achtlos vernichtet wird mit allen ihren Wundern und Reizen, so mag einst die ganze irdische Welt vor dem Hauche einer noch größeren Macht zugrunde gehen.

Sie verhält eben sich zum All wie ein Moos zur Sonnenkraft.


Digitized by Google

